

**PROSEDUR *POST HOC* PADA *MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE* DENGAN DESAIN *ONE BETWEEN AND ONE WITHIN***

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta untuk memenuhi sebagian persyaratan  
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



**Disusun Oleh :  
Indah Pertiwi  
NIM. 07305144059**

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2011**

## PERSETUJUAN

### **PROSEDUR *POST HOC* PADA *MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE* DENGAN DESAIN *ONE BETWEEN AND ONE WITHIN***

Oleh:

Indah Pertiwi

07305144059

Telah disetujui pada tanggal 25 April 2011  
untuk diuji didepan dewan penguji skripsi

Program Studi Matematika  
Jurusan Pendidikan Matematika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta

Menyetujui,

Pembimbing



Dr. Dhoriva Urwatul Wutsqa

NIP. 19660331 199303 2 001



## SKRIPSI

### PROSEDUR POST HOC PADA *MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE* DENGAN DESAIN *ONE BETWEEN AND ONE WITHIN*

Oleh :  
**Indah Pertiwi**  
**07305144059**

Telah diuji di depan Tim Penguji Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta pada tanggal 3 Mei 2011 dan dinyatakan telah memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Sains.

#### DEWAN PENGUJI

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Dhoriva U.W	Ketua Penguji		25/5-2011
Kismiantini, M.Si	Sekretaris Penguji		23/5-2011
Dr. Djamilah B.W	Penguji Utama		18/5-2011
Elly Arliani, M.Si	Penguji Pendamping		18/5-2011

Yogyakarta, Mei 2011  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan,



Dr. Ariswan

NIP.19590914 198803 1 003



## PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Indah Pertiwi

NIM : 07305144059

Prodi/Jurusan : Matematika/ Pendidikan Matematika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

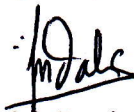
Judul TAS : Prosedur *Post Hoc* pada *Multivariate Analysis of Variance*  
dengan Desain *One Between and One Within*

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan sepanjang sepengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau pendapat yang ditulis atau telah digunakan sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi lain kecuali pada bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Apabila terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 25 April 2011

Yang menyatakan,



Indah Pertiwi

NIM. 07305144059

## MOTTO

*“Allah akan selalu memberikan yang terbaik untuk kita. Kita harus selalu berdoa, tawakal dan berikhtiar.”*

**“Hadapi semuanya dengan selalu bersabar dan tetap semangat.”**

*“Barang siapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.” (HR Muslim)*

**Keep fight all the time...**

**Everything will be great at right moment.**

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah...*

*Senangnya hati ini dapat menyelesaikan dan mempersembahkan karya ini untuk:*

*a. Bapak Ibu ku yang kucintai dan kusayangi..*

*Terima kasih yang sudah membesarkanku dengan penuh kasih sayang..serta selalu mendoakan, memberi dukungan, pengertian, kesabaran, dan perhatian...*

*b. Keluarga besarku*

*Terima kasih untuk hari-hari yang selalu memberi motivasi dan semangat serta kebersamaannya...*

*c. Keponakan ku Defano, Della, Faiz, Dany, Mia, Septi, Putra, dan Fendy*

*Terima kasih untuk hari-hari dengan canda tawa kalian yang memberi lelucon disetiap saat...*

*d. Sahabat ku Aisyah, Wulan, Khrisna, Erlin, dan Diyani*

*Terima kasih untuk hari-hari yang indah bersama kalian, jaga persahabatan kita ya.. ayo semangat sobat-sobatku..mari kita gapai cita-cita kita...dan touring bersama...*

*e. Keluarga Matematika Swa'07*

*Terima kasih untuk semuanya, ayo teman-teman teruslah berjuang dan tetap semangat...*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Prosedur *Post Hoc* pada *Multivariate Analysis of Variance* dengan Desain *One Between and One Within*” ini guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:


1. Bapak Dr. Ariswan, sebagai Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Hartono, sebagai Ketua Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan kemudahan pengurusan administrasi selama penyusunan skripsi ini.
3. Ibu Atmini Dhoruri, MS, sebagai Ketua Program Studi Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan dukungan untuk kelancaran studi.
4. Ibu Dr. Dhoriva UW, sebagai pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, saran, bantuan serta masukan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ilmu kepada penulis.

6. Bapak Musthofa S.Si, sebagai dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan masukan serta motivasi selama studi.
7. Seluruh dosen Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
8. Segenap keluarga atas doa dan dukungannya.
9. Teman-teman Matematika SWA 2007 untuk semua kritik dan pendapatnya kepada penulis.
10. Semua pihak yang telah membantu sehingga skripsi ini bisa terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, April 2011

Penulis



Indah Pertiwi

07305144059



# PROSEDUR POST HOC PADA MULTIVARIATE ANALYSIS OF VARIANCE DESAIN ONE BETWEEN AND ONE WITHIN

Oleh :  
Indah Pertiwi  
07305144059

## ABSTRAK

*Post hoc* pada *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) desain *one between and one within* digunakan untuk mengkaji perbedaan yang ada diantara pengaruh faktor *between subject* (antar subjek) dan *within subject* (inter subjek) terhadap respon yang diamati. Faktor *between subject* adalah pengelompokan variabel independen. Sedangkan faktor *within subject* adalah sekelompok kondisi dimana variabel dependen dihitung secara berulang-ulang untuk semua anggota sampel. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menjelaskan penerapan *post hoc* pada MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), metode Tukey HSD (*Honestly significant difference*) dan metode Fisher's LSD (*Least significant difference*)

Sebelum melakukan *post hoc*, akan dilakukan pengujian MANOVA desain *one between and one within* menggunakan statistik uji Wilks' Lambda, dengan distribusi *F* yang memenuhi asumsi antar pengamatan harus independen, distribusi normal multivariat pada variabel dependen, dan homogenitas matriks varians kovarians pengukuran pada faktor inter subjek yang memenuhi *sphericity*. Setelah pengujian asumsi terpenuhi dan pada MANOVA diperoleh bahwa hipotesis nol ditolak pada faktor antar subjek, inter subjek maupun interaksi faktor antar subjek dan faktor inter subjek yang berarti semua perlakuan yang dicobakan memberikan pengaruh yang tidak sama dengan kata lain rata-rata perlakuan tersebut berbeda maka ini memberikan konsekuensi untuk melakukan *post hoc*. Prosedur *post hoc* pada MANOVA desain *one between and one within* akan menggunakan metode Bonferroni, metode Tukey HSD dan metode Fisher's LSD. Metode Bonferroni merupakan suatu metode yang digunakan untuk beberapa perbandingan interval. Metode Tukey HSD merupakan suatu pengujian yang menggunakan statistik *range studentized* untuk membuat semua perbandingan berpasangan antar kelompok. Metode Fisher's LSD merupakan prosedur yang menggunakan perbandingan rata-rata untuk mengetahui perbedaan dari pasangan rata-rata.

Contoh penerapan MANOVA desain *one between and one within* adalah percobaan yang bertujuan untuk mengetahui variabel mana yang berpengaruh dalam membentuk perbedaan antar dua kelompok yaitu pada penjualan motor yang terjual secara tunai, dan secara kredit. Faktor *between subjek* (antar subjek) yaitu tiga merk dealer. Faktor *within subjek* (inter subjek) yaitu waktu pengukuran yang ditetapkan empat level yaitu tahun pertama sampai tahun keempat. Level dari semua faktor yang digunakan telah ditetapkan sehingga model matematisnya adalah model tetap. Hasilnya perbedaan waktu mempengaruhi hasil penjualan. Sedangkan perbedaan interaksi kelompok dan waktu serta perbedaan kelompok dealer tidak mempengaruhi hasil penjualan. Oleh karena itu, untuk pengaruh waktu pengukuran perlu dilakukan *post hoc*, dan hasil dengan metode Bonferroni, Tukey HSD dan Fisher's LSD adalah sama. Hasilnya variabel yang dipengaruhi perbedaan antar waktu dalam penjualan motor yaitu pada penjualan motor secara tunai.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN MOTTO .....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii

## BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah .....	5
C. Tujuan Penulisan .....	5
D. Manfaat Penulisan .....	6

## BAB II LANDASAN TEORI

A. ANOVA Pengukuran Berulang Desain	
<i>One Between and One Within</i> .....	7
B. Analisis Variansi Multivariat Satu Arah .....	11

### **BAB III PEMBAHASAN**

A. Asumsi MANOVA pada Pengukuran Berulang .....	14
B. MANOVA pada Pengukuran Berulang dengan Desain <i>One Between and One Within</i> .....	18
C. <i>Post Hoc</i> MANOVA .....	27
1. Prosedur <i>Post Hoc</i> MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain <i>One Between and One Within</i> dengan Metode Metode Bonferroni .....	28
2. Prosedur <i>Post Hoc</i> MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain <i>One Between and One Within</i> dengan Metode Tukey <i>HSD</i> .....	29
3. Prosedur <i>Post Hoc</i> MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain <i>One Between and One Within</i> dengan Metode Fisher's <i>LSD</i> .....	32
D. Penerapan <i>Post Hoc</i> pada MANOVA Pengukuran Berulang dengan desain <i>One Between and One Within</i> .....	33

### **BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN**

A. Kesimpulan .....	61
B. Saran .....	65
DAFTAR PUSTAKA .....	66
LAMPIRAN .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Layout Model ANOVA <i>One Between and One Within</i>	7
Tabel 2.2	Rancangan Blok ANOVA <i>One Between and One Within</i>	8
Tabel 2.3	Tabel E(KT) ANOVA <i>One Between and One Within</i> untuk Model Tetap	10
Tabel 2.4	Tabel ANOVA <i>One Between and One Within</i>	10
Tabel 2.5	Layout MANOVA Satu Arah	11
Tabel 2.6	Tabel MANOVA Satu Arah	13
Tabel 3.1	Layout Model MANOVA Pengukuran Berulang <i>One Between and One Within</i>	18
Tabel 3.2	Tabel Distribusi Wilks' Lambda	23
Tabel 3.3	Tabel MANOVA Pengukuran Berulang <i>One Between</i> <i>and One Within</i>	24
Tabel 3.4	Tabel Hasil Penjualan Motor	35
Tabel 3.5	Tabel Uji Normalitas Data Penjualan Motor	36
Tabel 3.6	Tabel <i>Mauchley's Test for Sphericity</i> Data Hasil Penjualan Motor	37
Tabel 3.7	Tabel MANOVA <i>One Between and One Within</i>	37



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Kombinasi Pengaruh yang Diuji pada Contoh MANOVA <i>One Between and One Within</i>	67
Lampiran 2	Output Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov Contoh Penerapan MANOVA <i>One Between and One Within</i>	69
Lampiran 3	Output Uji MANOVA Contoh Penerapan <i>One Between and One Within</i>	70
Lampiran 4	Output <i>Post hoc</i> MANOVA Contoh Penerapan <i>One Between and One Within</i>	74
Lampiran 5	Tabel Nilai Kritis $D$ dalam Uji Kolmogorov-Smirnov	77
Lampiran 6	Tabel Nilai Kritis Sebaran $\chi^2$	78
Lampiran 7	Tabel Nilai Kritis $F$ dengan taraf nyata 0,05	80
Lampiran 8	Tabel Nilai Kritis $F$ dengan taraf nyata 0,01	82
Lampiran 9	Tabel Nilai Kritik Terstudentkan Nyata Terkecil 0,05	84
Lampiran 10	Tabel Nilai Kritis Sebaran $t$	85

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Statistika dalam penelitian berguna sebagai alat bantu untuk menganalisis data penelitian, dari cara mengolahnya hingga kemudian menjadi informasi. Statistika adalah cabang ilmu pengetahuan matematika yang mempelajari tentang bagaimana mengumpulkan, mengelompokan, menyajikan, menganalisis, dan menginterpretasikan data. Oleh karena itu statistika digunakan untuk membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih efektif. Suatu teknik analisis data yang banyak digunakan oleh para peneliti adalah analisis multivariat.

Analisis statistika multivariat adalah analisis statistika yang dikenakan pada data yang terdiri dari banyak variabel dan antar variabel dependen dan independen saling berkorelasi. Dengan kata lain, analisis statistik multivariat merupakan metode statistika yang memungkinkan kita melakukan penelitian terhadap lebih dari dua variabel yang dianalisis secara bersama-sama. Dengan menggunakan teknik analisis ini maka pengaruh beberapa variabel terhadap variabel-variabel lainnya dapat dianalisis secara bersama-sama. Analisis multivariat digunakan karena pada kenyataannya masalah yang terjadi tidak

dapat diselesaikan dengan hanya menghubungkan-hubungkan dua variabel atau melihat pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya.

Teknik analisis multivariat dapat diklasifikasi menjadi dua (Sharma, 1996: 4) yaitu analisis dependensi dan analisis interdependensi. Analisis dependensi berfungsi untuk menerangkan atau memprediksi variabel tergantung dengan menggunakan dua atau lebih variabel bebas. Beberapa analisis dependensi tersebut adalah analisis regresi linear berganda, analisis diskriminan, analisis variansi multivariat (MANOVA), dan analisis korelasi kanonikal. Sedangkan Analisis interdependensi berfungsi untuk memberikan makna terhadap seperangkat variabel atau membuat kelompok-kelompok secara bersama-sama. Beberapa analisis interdependensi tersebut adalah analisis faktor, analisis kluster, dan *multidimensional scaling*.

Salah satu teknik analisis multivariat yang akan dibahas di skripsi ini adalah *Multivariate Variance* (MANOVA). *Multivariate analysis of variance* (MANOVA) merupakan teknik multivariat yang paling umum digunakan. MANOVA menaksir hubungan antara dua atau lebih variabel dependen dan variabel independen (Cooper, 2001: 581). Metode MANOVA hampir sama dengan univariat ANOVA. Hanya saja metode MANOVA memiliki kemampuan tambahan yang tidak dimiliki metode ANOVA, yaitu dalam menangani beberapa variabel dependen. Jika ANOVA diterapkan pada beberapa variabel dependen yang saling berkaitan, maka kemungkinan

kesalahan dalam penarikan kesimpulan akan sangat besar. Metode MANOVA dapat mengatasi kelemahan tersebut dengan menguji secara simultan semua variabel sekaligus hubungan saling keterkaitannya.

Salah satu desain MANOVA adalah MANOVA pada pengukuran berulang. MANOVA pengukuran berulang adalah suatu analisis multivariat yang menggunakan pengukuran berulang pada sejumlah subjek yang sama. Salah satu tujuan dari penggunaan analisis pengukuran berulang adalah untuk mengetahui perubahan perilaku subjek dari waktu ke waktu (Shaughnessy dkk, 2006 : 284). MANOVA pada pengukuran berulang akan melibatkan faktor *between subject* (antar subjek) dan faktor *within subject* (inter subjek). Faktor *between subject* adalah pengelompokan atau klasifikasi variabel bebas. Sedangkan faktor *within subject* adalah sekelompok kondisi atau keadaan dimana variabel dependen dihitung secara berulang-ulang untuk semua anggota sampel. Misalnya, nilai *try out* dari salah satu mata pelajaran SMA yang telah diukur berulang kali berdasarkan pengelompokan jenis kelamin yaitu laki-laki dan perempuan. Faktor jenis kelamin merupakan faktor *between subject*, dan faktor pengukuran merupakan faktor *within subject*.

Pada tulisan ini, penulis akan membahas *post hoc* manova pengukuran berulang dengan desain *one between* yaitu desain *one between and one within*. MANOVA pengukuran berulang desain *one between one within* digunakan jika dalam suatu percobaan multivariat terdapat satu faktor antar subjek dan



satu faktor inter subjek. *Post hoc* dapat dilakukan jika terdapat perbedaan antar dua kelompok pada faktor A (*between subjek*), faktor B (*within subjek*), dan interaksi faktor A (*between subjek*) dengan faktor B (*within subjek*).

Tujuan dilakukan *post hoc* yaitu untuk mengetahui variabel mana yang berpengaruh dalam membentuk perbedaan antar dua kelompok. Setelah dilakukan pengujian dan hasilnya signifikan dalam arti terdapat perbedaan antar dua kelompok maka perlu dilakukan *post hoc*. Hal ini perlu dilakukan karena tidak semua variabel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan antar dua kelompok. Karena itu dilakukan *post hoc* untuk mengetahui perbedaan masing-masing individu dalam kelompok berdasarkan variabel yang membentuk perbedaan antar dua kelompok.

*Post hoc* pada MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu *Duncan's multiple-range test*, *Newman-Kuels test*, Bonferroni (*multiple dependent t test*), metode Tukey *HSD* (*Honestly significant difference*), metode Fisher's *LSD* (*Least significant difference*), Scheffe, dan lain-lain. Dalam skripsi ini hanya dibatasi pada beberapa metode yaitu dengan menggunakan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), metode Tukey *HSD* dan metode Fisher's *LSD*. Ketiga metode tersebut merupakan metode yang sederhana. Prosedur *post hoc* pada MANOVA dengan metode Bonferroni, metode Tukey *HSD*, dan metode fisher's *LSD* hanya membahas *post hoc* untuk faktor A (*between subjek*) dan faktor B (*within subjek*). Oleh karena itu *post hoc* untuk

interaksi faktor A (*between subjek*) dan faktor B (*within subjek*) tidak dibahas dalam skripsi ini.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana prosedur *post hoc* pada MANOVA dengan pengukuran berulang desain *one between and one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), metode Tukey *HSD (Honestly significant difference)* dan metode Fisher's *LSD (Least significant difference)*?
2. Bagaimana penerapan *post hoc* pada MANOVA dengan pengukuran berulang dengan desain *one between and one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), Tukey *HSD (Honestly significant difference)* dan metode Fisher's *LSD (Least significant difference)*?

## **C. Tujuan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan prosedur *post hoc* pada MANOVA dengan pengukuran berulang desain *one between and one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), Tukey *HSD (Honestly significant difference)* dan metode Fisher's *LSD (Least significant difference)*.

2. Menjelaskan penerapan *post hoc* pada MANOVA dengan pengukuran berulang dengan desain *one between and one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), Tukey HSD (*Honestly significant difference*) dan metode Fisher's *LSD* (*Least significant difference*).

#### **D. Manfaat Penulisan**

Dari penulisan skripsi ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan bagi penulis, pembaca maupun para mahasiswa, khususnya mahasiswa matematika yaitu dapat memberikan gambaran tentang *post hoc* pada MANOVA dengan pengukuran berulang desain *one between dan one within* dengan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), Tukey HSD (*Honestly significant difference*) dan metode Fisher's *LSD* (*Least significant difference*).

## BAB II

### LANDASAN TEORI

Pada landasan teori ini akan dibahas materi yang dapat digunakan sebagai landasan dalam skripsi ini. Materi yang akan dibahas dalam bab ini antara lain ANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within*, dan analisis variansi multivariat satu arah.

#### A. ANOVA Pengukuran Berulang pada Desain *One Between and One within*

Salah satu alasan penggunaan desain ANOVA pada pengukuran berulang ini adalah karena beberapa hipotesis suatu penelitian membutuhkan pengukuran berulang. Misalnya penelitian untuk mengetahui pengaruh diet terhadap penurunan berat badan dengan pengukuran yang dilakukan berulang-ulang setiap bulan.

Layout model ANOVA *one between* (faktor *A*) and *one within* (faktor *B*) dengan *n* subjek pada masing-masing level faktor *A*, disajikan dalam tabel berikut ini (Suprihatiningtyas, 2010: 5) :

**Tabel 2.1. Layout data pada Model ANOVA *One Between and One Within***

Faktor A	Subjek	Faktor B			$\Sigma$	$\bar{x}$
		B <sub>1</sub>	...	B <sub>b</sub>		
A <sub>1</sub>	1	$x_{111}$		$x_{11b}$	$x_{11.}$	$\bar{x}_{11.}$
	2	$x_{211}$		$x_{21b}$	$x_{21.}$	$\bar{x}_{21.}$
	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	<i>n</i>	$x_{n11}$		$x_{n1b}$	$x_{n1.}$	$\bar{x}_{n1.}$
	$\Sigma$	$x_{.11}$	...	$x_{.1b}$	$x_{.1.}$	
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{.11}$	...	$\bar{x}_{.1b}$		$\bar{x}_{.1.}$
$\vdots$	...	...	...	...		
A <sub>g</sub>	1	$x_{1g1}$		$x_{1gb}$	$x_{1g.}$	$\bar{x}_{1g.}$
	2	$x_{2g1}$		$x_{2gb}$	$x_{2g.}$	$\bar{x}_{2g.}$
	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	<i>n</i>	$x_{.g1}$		$x_{ngb}$	$x_{ng.}$	$\bar{x}_{ng.}$
	$\Sigma$	$x_{.g1}$	...	$x_{.gb}$	$x_{.g.}$	
	$\bar{x}$	$\bar{x}_{.g1}$	...	$\bar{x}_{.gb}$		$\bar{x}_{.g.}$
$\Sigma$		$x_{..1}$	...	$x_{..b}$	$x_{...}$	
$\bar{x}$		$\bar{x}_{..1}$	...	$\bar{x}_{..b}$		$\bar{x}_{...}$



dengan :

$r = 1, 2, \dots, n$ , dengan  $n$  adalah banyaknya subjek pada setiap level dari faktor  $A$

$l = 1, 2, \dots, g$ , dengan  $g$  adalah banyaknya level dari faktor  $A$

$k = 1, 2, \dots, b$ , dengan  $b$  adalah banyaknya level dari faktor  $B$

Dalam layout model ANOVA *one between and one within* diatas, terdapat  $g$  level pada faktor  $A$  dengan  $n$  subjek pada masing-masing level, yang masing-masing subjek tersebut diberi perlakuan (faktor  $B$ ) secara berulang kali sebanyak  $b$  perlakuan.

Salah satu bentuk rancangan blok ANOVA *one between and one within* adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.2. Rancangan Blok ANOVA One Between and One Within**

	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$
$A_1$	R1-R5	R1-R5	R1-R5	R1-R5
$A_2$	R6-R10	R6-R10	R6-R10	R6-R10
$A_3$	R11-R15	R11-R15	R11-R15	R11-R15
$A_4$	R16-R20	R16-R20	R16-R20	R16-R20
$A_5$	R21-R25	R21-R25	R21-R25	R21-R25

Pada rancangan blok diatas, terdapat dua puluh lima unit percobaan yang ditempatkan pada lima level faktor  $A$  (*between subject*) dengan lima unit percobaan setiap level. Setiap unit percobaan pada setiap level faktor  $A$  mendapatkan perlakuan, yaitu faktor  $B$  (*within subject*), sebanyak empat level secara berulang-ulang.

Dari rancangan blok di atas terdapat faktor  $A$ , faktor  $B$ , interaksi faktor  $AB$ , dan terdapat dua galat yaitu  $R/A$  dan  $RB/A$ . Galat  $R/A$  muncul karena terdapat  $R$  yang berbeda untuk setiap  $A$ . Sedangkan galat

RB/A muncul karena terdapat RB yang berbeda untuk setiap A. Sehingga diperoleh sumber variasi  $A, B, AB, R/A$  dan  $RB/A$ .

Model ANOVA *one between and one within* adalah sebagai berikut :

$$X_{rlk} = \mu + \tau_l + \beta_k + (\tau\beta)_{lk} + e_{rl} + e_{rlk} \quad (2.1)$$

dengan :

$$r = 1, 2, \dots, n$$

$$l = 1, 2, \dots, g$$

$$k = 1, 2, \dots, b$$

$X_{rlk}$  = observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke-  $r$  dari kombinasi perlakuan  $lk$  (taraf ke-  $l$  dari faktor  $A$  dan taraf ke-  $k$  dari faktor  $B$ )

$\mu$  = mean dari seluruh populasi

$\tau_l$  = efek perlakuan taraf ke-  $l$  dari faktor  $A$

$\beta_k$  = efek perlakuan taraf ke-  $k$  dari faktor  $B$

$(\tau\beta)_{lk}$  = efek interaksi perlakuan taraf ke-  $l$  dari faktor  $A$  dan perlakuan taraf ke-  $k$  dari faktor  $B$

$e_{rl}$  = efek eror/galat yang muncul dari satuan percobaan ke-  $r$  dalam taraf ke-  $l$  dari faktor  $A$

$e_{rlk}$  = efek eror/galat yang muncul dari kombinasi satuan percobaan ke-  $r$  dan taraf ke-  $k$  dari faktor  $B$  dalam taraf ke-  $l$  dari faktor  $A$

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi

model diatas adalah  $\sum_{l=1}^g \tau_l = 0$ ,  $\sum_{k=1}^b \beta_k = 0$ ,  $\sum_{l=1}^g (\tau\beta)_{lk} = 0$ ,

$\sum_{k=1}^b (\tau\beta)_{lk} = 0$ . Dan  $e_{rl}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_1^2)$ ,  $e_{rlk}$  berdistribusi

$N(0, \sigma_2^2)$ .

Pengujian hipotesis akan ditentukan oleh bentuk E(KT) yang ditentukan oleh model yang digunakan. Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka E(KT) ditentukan sebagai berikut:

**Tabel 2.3. Tabel E(KT) ANOVA *One Between and One Within* untuk Model Tetap**

Sumber Variasi	E(KT)
Faktor A	<del><math>\sigma_{e_{rlk}}^2 + b\sigma_{e_{rl}}^2 + n \frac{\sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (\tau\beta)_{lk}^2}{(g-1)(b-1)} + bn \frac{\sum_{l=1}^g \tau_l^2}{(g-1)}</math></del>
Faktor B	<del><math>\sigma_{e_{rlk}}^2 + n \frac{\sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (\tau\beta)_{lk}^2}{(g-1)(b-1)} + gn \frac{\sum_{l=1}^g \tau_l^2}{(g-1)}</math></del>
Interaksi Faktor AB	<del><math>\sigma_{e_{rlk}}^2 + b\sigma_{e_{rl}}^2 + n \frac{\sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (\tau\beta)_{lk}^2}{(g-1)(b-1)}</math></del>
Galat R/A	<del><math>\sigma_{e_{rlk}}^2 + b\sigma_{e_{rl}}^2</math></del>
Galat RB/A	$\sigma_{e_{rlk}}^2$

Dari tabel 2.3 diperoleh tabel ANOVA *one between and one within* sebagai berikut:

**Tabel 2.4. Tabel ANOVA *One Between and One Within***

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat (Sums of squares)	derajat bebas	$F_{hit}$	$F_{db1,db2}$
Faktor A	$SS_A = bn \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{.l} - \bar{x} \dots)^2$	$g - 1$	$\frac{SS_A/(g-1)}{SS_{R/A}/b(n-1)}$	$F_{g-1, b(n-1)}$
Faktor B	$SS_B = gn \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{.l} - \bar{x} \dots)^2$	$b - 1$	$\frac{SS_B/(b-1)}{SS_{RB/A}/b(n-1)(g-1)}$	$F_{b-1, b(n-1)(g-1)}$
Interaksi Faktor AB	$SS_{AB} = n \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (\bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{.l.} - \bar{x}_{.k} + \bar{x} \dots)^2$	$(g-1)(b-1)$	$\frac{SS_{AB}/(g-1)(b-1)}{SS_{RB/A}/b(n-1)(g-1)}$	$F_{(g-1)(b-1), b(n-1)(g-1)}$
Galat R/A	$SS_{R/A} = b \sum_{r=1}^n \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{rlk} - \bar{x}_{.l.})^2$	$g(n-1)$	-	-
Galat RB/A	$SS_{RB/A} = \sum_{r=1}^n \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (X_{rlk} - \bar{x}_{rlk} - \bar{x}_{r.l.} + \bar{x} \dots)^2$	$g(n-1)(b-1)$	-	-
Total	$SS_{tot} = \sum_{r=1}^n \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (X_{rlk} - \bar{x} \dots)^2$	$gbn - 1$	-	-

### A. Analisis Variansi Multivariat Satu Arah

MANOVA merupakan perluasan dari ANOVA. Jika dalam ANOVA hanya dikaji pengaruh terhadap respons tunggal (satu variabel terikat), maka dalam MANOVA dikaji pengaruh terhadap respons ganda (lebih dari satu variabel terikat). Proses perhitungan pada MANOVA sama seperti pada ANOVA, hanya saja pada MANOVA digunakan variabel terikat berbentuk vektor.

Layout model MANOVA satu arah disajikan dalam tabel di bawah

**Tabel 2.5. Layout Model MANOVA Satu Arah**

Subjek	Faktor A (Perlakuan)							$\Sigma$			$\bar{x}$		
	$A_1$			...	$A_g$								
	1	...	$p$		1	...	$p$	1	...	$p$	1	...	$p$
1	$x_{11_1}$	...	$x_{11_p}$	...	$x_{1b_1}$	...	$x_{1b_p}$	$x_{1..1}$	...	$x_{1..p}$	$\bar{x}_{1..1}$	...	$\bar{x}_{1..p}$
2	$x_{21_1}$	...	$x_{21_p}$	...	$x_{2b_1}$	...	$x_{2b_p}$	$x_{2..1}$	...	$x_{2..p}$	$\bar{x}_{2..1}$	...	$\bar{x}_{2..p}$
$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$
$n$	$x_{n1_1}$	...	$x_{n1_p}$	...	$x_{nb_1}$	...	$x_{nb_p}$	$x_{n..1}$	...	$x_{n..p}$	$\bar{x}_{n..1}$	...	$\bar{x}_{n..p}$
$\Sigma$	$x_{.1_1}$	...	$x_{.1_p}$	...	$x_{.b_1}$	...	$x_{.b_p}$	$x_{..1}$	...	$x_{..p}$			
$\bar{x}$	$\bar{x}_{.1_1}$	...	$\bar{x}_{.1_p}$	...	$\bar{x}_{.b_1}$	...	$\bar{x}_{.b_p}$				$\bar{x}_{..1}$	...	$\bar{x}_{..p}$

dengan:

$r = 1, 2, \dots, n$ ,  $n$  adalah banyaknya subjek

$i = 1, 2, \dots, p$ ,  $p$  adalah banyaknya respons

$l = 1, 2, \dots, g$ ,  $g$  adalah banyaknya level dari faktor  $A$  (perlakuan)

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa terdapat  $n$  subjek, yang masing-masing subjek tersebut diberi perlakuan sebanyak  $g$ . Pada setiap perlakuan, setiap subjek akan memberikan respons sebanyak  $p$ .

Model MANOVA satu arah adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{X}_{rl} = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\tau}_l + \mathbf{e}_{rl} \quad (2.2)$$

dengan:

$$r = 1, 2, \dots, n$$

$$l = 1, 2, \dots, g$$

$\mathbf{X}_{rl}$  = vektor observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke-  $r$  dari perlakuan/kelompok ke-  $l$

$\boldsymbol{\mu}$  = vektor mean dari seluruh populasi

$\boldsymbol{\tau}_l$  = vektor efek perlakuan/kelompok ke-  $l$

$\mathbf{e}_{rl}$  = efek eror/galat yang muncul dari subjek ke- $r$  dalam perlakuan/kelompok ke-  $l$

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi model diatas adalah  $\mathbf{X}_{rl}$ ,  $\boldsymbol{\mu}$ ,  $\boldsymbol{\tau}_l$ ,  $\mathbf{e}_{rl}$  merupakan vektor berorde  $p \times 1$ , dimana  $\sum_{l=1}^g \tau_l = 0$  dan  $\mathbf{e}_{rl}$  berdistribusi  $N(0, \Sigma)$ .

Pengujian hipotesis pada MANOVA pengukuran berulang ini menggunakan statistik Wilk's Lambda dengan rumus sebagai berikut ( Hair dkk, 1984 : 351) :

$$\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{W} + \mathbf{A}|}$$

dengan  $|\mathbf{W}|$  adalah determinan matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang galat yang bersesuaian, sedangkan  $|\mathbf{W} + \mathbf{A}|$  adalah determinan matriks jumlahan dari matriks  $\mathbf{W}$  dan  $\mathbf{A}$ , dimana  $\mathbf{A}$  adalah matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang faktor yang akan diuji.

Tabel MANOVA satu arah adalah sebagai berikut ( Johnson dan Wichern. 2002 : 299) :

**Tabel 2.6. MANOVA Satu Arah**

Sumber Variasi	Matriks Jumlah Kuadrat dan Hasil Kali Silang	Derajat Bebas	Wilk's Lambda
Faktor A	$SSP_A = n \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{.l} - \bar{x}_{..})(\bar{x}_{.l} - \bar{x}_{..})^t$	$g - 1$	$\frac{ SSP_{R/A} }{ SSP_A + SSP_{R/A} }$
Galat R/A	$SSP_{R/A} = \sum_{r=1}^n \sum_{l=1}^g (x_{rl} - \bar{x}_{.l})(x_{rl} - \bar{x}_{.l})^t$	$b(n - 1)$	-
Total	$SSP_{tot} = \sum_{r=1}^n \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{rl} - \bar{x}_{..})(\bar{x}_{rl} - \bar{x}_{..})^t$	$gn - 1$	-

## **BAB III**

### **PEMBAHASAN**

Pada bab ini akan dibahas asumsi MANOVA pengukuran berulang, MANOVA pada pengukuran berulang dengan desain *one between and one within*, dan *post hoc* pada MANOVA sebagai pembahasan dalam skripsi ini.

#### **A. Asumsi MANOVA pada Pengukuran Berulang**

Asumsi MANOVA pada pengukuran berulang adalah sebagai berikut (Stevens, 2002 : 500) :

##### **1. Pengamatan saling independen**

Dua pengamatan atau lebih dikatakan saling independen apabila terjadinya pengamatan yang satu tidak mempengaruhi atau dipengaruhi terjadinya pengamatan yang lain.

##### **2. Distribusi normal multivariat**

Distribusi normal multivariat adalah suatu perluasan dari distribusi normal univariat sebagai aplikasi pada variabel-variabel yang mempunyai hubungan. Dalam analisis multivariat, asumsi multivariat normal harus diperiksa untuk memastikan data pengamatannya mengikuti distribusi normal agar statistik inferensi dapat digunakan dalam menganalisis data tersebut.

Salah satu cara untuk melakukan uji normal multivariat adalah dengan uji normal univariat. Uji normalitas dilakukan pada setiap variabel. Jika secara individual masing-masing variabel dependen pada setiap faktor inter subjek memenuhi asumsi normalitas maka secara bersama-sama variabel tersebut juga bisa dikatakan memenuhi asumsi normal multivariat (Santosa, 2010: 44). Prosedur analisis yang bisa digunakan untuk menguji normalitas salah satunya adalah uji Kolmogorov-Smirnov.

Hipotesis nol yang digunakan dalam uji Kolmogorov-Smirnov adalah bahwa variabel dependen berdistribusi normal, dengan hipotesis alternatif bahwa variabel dependen tidak berdistribusi normal.

Statistik uji yang digunakan dalam uji ini adalah:

$$D_{hit} = \text{maksimum } |F_0(X) - S_N(X)| \quad (3.1)$$

dengan:

$F_0(X)$  = suatu fungsi distribusi frekuensi kumulatif distribusi normal  
 $S_N(X)$  = suatu fungsi distribusi frekuensi kumulatif yang diobservasi.

Nilai  $D_{hit}$  ini kemudian dibandingkan dengan nilai-nilai kritis  $D_{tabel}$  yang ada pada tabel uji Kolmogorov-Smirnov. Jika nilai  $D_{hit} < D_{tabel}$  dimana  $D_{tabel} = D_{\alpha;n}$  dengan  $n$  adalah banyaknya pengamatan pada variabel dependen, maka dapat disimpulkan bahwa variabel dependen berdistribusi normal. Pada tabel output SPSS, jika angka signifikansi,  $p\text{-value} \geq \alpha$  (taraf nyata) maka variabel terikat tersebut berdistribusi normal.



3. Matriks variansi-kovariansi pengukuran pada faktor inter subjek memenuhi *sphericity*

*Sphericity* merupakan sebuah asumsi khusus yang harus dipenuhi jika level dari faktor yang diukur berulang pada MANOVA pengukuran berulang lebih dari dua. Asumsi ini menghendaki setiap kombinasi dua level faktor inter subjek yang berbeda akan mempunyai variansi sama (Mauchly, 1940 : 204). Misalnya terdapat empat kali pengukuran berulang dengan matriks variansi-kovariansi sebagai berikut:

$$\Sigma_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} s_{11}^2 & \alpha_{12} & \alpha_{13} & \alpha_{14} \\ \alpha_{21} & s_{22}^2 & \alpha_{23} & \alpha_{24} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & s_{33}^2 & \alpha_{34} \\ \alpha_{41} & \alpha_{42} & \alpha_{43} & s_{44}^2 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Jika  $s_{11}^2 = s_{22}^2 = s_{33}^2 = s_{44}^2$  dan  $\alpha_{12} = \alpha_{13} = \alpha_{14} = \alpha_{23} = \alpha_{24} = \alpha_{34}$  maka dapat dikatakan matriks variansi-kovariansi di atas telah memenuhi *sphericity*.

Cara paling umum yang digunakan untuk melihat apakah asumsi *sphericity* ini dipenuhi atau tidak, adalah dengan menggunakan *Mauchley's Test for Sphericity*.

Hipotesis nol yang digunakan dalam *Mauchley's Test for Sphericity* adalah:

$$H_0: \Sigma_{p \times p} = \sigma^2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

dengan hipotesis alternatif :

$$H_1: \Sigma_{p \times p} \neq \sigma^2 \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Statistik uji yang digunakan dalam *Mauchley's Test for Sphericity* ini adalah (Huberty, 2006: 207):

$$W = \frac{|\mathcal{A}S_e\mathcal{A}^t|}{\left[\frac{\text{trace}(\mathcal{A}S_e\mathcal{A}^t)}{p}\right]^p} \quad (3.5)$$

dengan :

$\mathcal{A}$  = matriks koefisien polinomial ortonormal

$S_e$  = matriks variansi-kovariansi galat

Statistik  $W$  di atas kemudian ditransformasikan ke dalam statistik  $\chi^2$  dengan rumus:

$$\chi^2 = -(n - g)d[\ln(W)] \quad (3.6)$$

dengan :

$$d = 1 - \left[ \frac{2t^2 - 3t + 3}{6(n - g)(t - 1)} \right] \quad (3.7)$$

dengan :

$n$  = banyaknya subjek dalam kelompok level faktor

$g$  = banyaknya kelompok subjek

$t$  = banyaknya level faktor yang diulang

Nilai  $\chi_{Hit}^2$  tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai  $\chi_{tabel}^2$  dengan derajat bebas  $\left(\frac{t(t-1)}{2}\right) - 1$ . Jika nilai  $\chi_{Hit}^2$  lebih kecil dengan  $\chi_{tabel}^2$  dimana  $\chi_{tabel}^2 = \chi_{\alpha; \left(\frac{t(t-1)}{2}\right) - 1}^2$  maka dapat disimpulkan bahwa asumsi *sphericity* telah dipenuhi. Output untuk *Mauchley's Test for Sphericity* ini muncul pada saat dilakukan analisis MANOVA pada pengukuran berulang dengan menggunakan SPSS. Jika tabel output *Mauchley's Test for Sphericity* menunjukkan nilai signifikansi,  $p \geq \alpha$ , maka dapat dikatakan bahwa asumsi *sphericity* telah dipenuhi. Taraf nyata ( $\alpha$ ) yang digunakan pada uji asumsi *sphericity* dalam skripsi ini adalah 0,05.

## B. MANOVA pada Pengukuran Berulang dengan Desain *One Between and One Within*

### 1. Desain

MANOVA pengukuran berulang dengan desain *one between and one within* merupakan desain analisis yang digunakan jika percobaan yang dilakukan melibatkan satu faktor A (*between subject*) dan satu faktor B (*within subject*).

**Tabel 3.1** Layout model MANOVA ini adalah sebagai berikut:

Faktor A	Subjek	Faktor B										$\bar{x}$		
		1			2			...	b					
		1	...	P	1	...	P		1	...	p	1	...	p
1	1	$x_{111_1}$	...	$x_{111_p}$	$x_{112_1}$	...	$x_{112_p}$	...	$x_{11b_1}$	...	$x_{11b_p}$	$\bar{x}_{11.1}$	...	$\bar{x}_{11.p}$
	2	$x_{211_1}$	...	$x_{211_p}$	$x_{212_1}$	...	$x_{212_p}$		$x_{21b_1}$	...	$x_{21b_p}$	$\bar{x}_{21.1}$	...	$\bar{x}_{21.p}$
	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	
	$n_1$	$x_{n_111_1}$	...	$x_{n_111_p}$	$x_{n_112_1}$	...	$x_{n_112_p}$		$x_{n_11b_1}$	...	$x_{n_11b_p}$	$\bar{x}_{n_11.1}$	...	$\bar{x}_{n_11.p}$
		$\bar{x}_{.11_1}$	...	$\bar{x}_{.11_p}$	$\bar{x}_{.12_1}$	...	$\bar{x}_{.12_p}$	...	$\bar{x}_{.1b_1}$	...	$\bar{x}_{.1b_p}$	$\bar{x}_{.1.1}$	...	$\bar{x}_{.1.p}$
2	1	$x_{121_1}$	...	$x_{121_p}$	$x_{122_1}$	...	$x_{122_p}$	...	$x_{12b_1}$	...	$x_{12b_p}$	$\bar{x}_{12.1}$	...	$\bar{x}_{12.p}$
	2	$x_{221_1}$	...	$x_{221_p}$	$x_{222_1}$	...	$x_{222_p}$		$x_{22b_1}$	...	$x_{22b_p}$	$\bar{x}_{22.1}$	...	$\bar{x}_{22.p}$
	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	
	$n_2$	$x_{n_221_1}$	...	$x_{n_221_p}$	$x_{n_222_1}$	...	$x_{n_222_p}$		$x_{n_22b_1}$	...	$x_{n_22b_p}$	$\bar{x}_{n_22.1}$	...	$\bar{x}_{n_22.p}$
		$\bar{x}_{.21_1}$	...	$\bar{x}_{.21_p}$	$\bar{x}_{.22_1}$	...	$\bar{x}_{.22_p}$	...	$\bar{x}_{.2b_1}$	...	$\bar{x}_{.2b_p}$	$\bar{x}_{.2.1}$	...	$\bar{x}_{.2.p}$
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	
g	1	$x_{1g1_1}$	...	$x_{1g1_p}$	$x_{1g2_1}$	...	$x_{1g2_p}$	...	$x_{1gb_1}$	...	$x_{1gb_p}$	$\bar{x}_{1g.1}$	...	$\bar{x}_{1g.p}$
	2	$x_{2g1_1}$	...	$x_{2g1_p}$	$x_{2g2_1}$	...	$x_{2g2_p}$		$x_{2gb_1}$	...	$x_{2gb_p}$	$\bar{x}_{2g.1}$	...	$\bar{x}_{2g.p}$
	...	...	...	...	...	...	...		...	...	...	...	...	
	$n_g$	$x_{n_gg1_1}$	...	$x_{n_gg1_p}$	$x_{n_gg2_1}$	...	$x_{n_gg2_p}$		$x_{n_ggb_1}$	...	$x_{n_ggb_p}$	$\bar{x}_{n_gg.1}$	...	$\bar{x}_{n_gg.p}$
		$\bar{x}_{.g1_1}$	...	$\bar{x}_{.g1_p}$	$\bar{x}_{.g2_1}$	...	$\bar{x}_{.g2_p}$	...	$\bar{x}_{.gb_1}$	...	$\bar{x}_{.gb_p}$	$\bar{x}_{.g.1}$	...	$\bar{x}_{.g.p}$
$\bar{x}$		$\bar{x}_{.1_1}$	...	$\bar{x}_{.1_p}$	$\bar{x}_{.2_1}$	...	$\bar{x}_{.2_p}$	...	$\bar{x}_{.b_1}$	...	$\bar{x}_{.b_p}$	$\bar{x}_{...1}$	...	$\bar{x}_{...p}$

$r_l = 1, 2, \dots, n_l$ ,  $n_l$  adalah banyaknya subjek dalam kelompok level ke-  $l$  dari faktor A

$i = 1, 2, 3, \dots, p$ ,  $p$  adalah banyaknya respon yang diberikan oleh subjek  
 $l = 1, 2, \dots, g$ ,  $g$  adalah banyaknya level dari faktor A  
 $k = 1, 2, \dots, b$ ,  $b$  adalah banyaknya level dari faktor B

Tabel 3.1 di atas merupakan layout dari desain MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within*. Pada desain ini digunakan  $\sum_{l=1}^g n_l$  unit percobaan (subjek) yang ditempatkan pada masing-masing level pada faktor A dengan banyak subjek  $n_l$ , yang masing-masing subjek tersebut diberi perlakuan, yaitu faktor B, secara berulang-ulang sebanyak  $b$  perlakuan. Pada setiap perlakuan, setiap subjek akan memberikan respon sebanyak  $p$ .

Analisis data sampel untuk MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* adalah sebagai berikut:

a) *Mean* interaksi faktor A dan faktor B:

$$x_{.lk_i} = \frac{\sum_{r_l=1}^{n_l} x_{r_l l k_i}}{n_l} \quad (3.8)$$

$$l = 1, 2, \dots, g \quad k = 1, 2, \dots, b \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

b) *Mean* observasi subjek ke-  $r_l$  pada faktor A:

$$\bar{x}_{r_l l .i} = \frac{\sum_{k=1}^b x_{r_l l k_i}}{b} \quad (3.9)$$

$$r_l = 1, 2, \dots, n_l \quad l = 1, 2, \dots, g \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

c) *Mean* observasi faktor A:

$$\bar{x}_{.l.i} = \frac{\sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{k=1}^b x_{r_l l k_i}}{n_l b} \quad (3.10)$$

$$l = 1, 2, \dots, g \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

d) *Mean* observasi faktor B:

$$\bar{x}_{..ki} = \frac{\sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{l=1}^g x_{r_l l k i}}{n_l g} \quad (3.11)$$

$$b = 1, 2, \dots, g \quad i = 1, 2, 3, \dots, p$$

e) *Mean* seluruh observasi :

$$\bar{x}_{...i} = \frac{\sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b x_{r_l l k i}}{n_l g b} \quad (3.12)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, p$$

## 2. Model

Model MANOVA pada pengukuran berulang dengan desain *one*

*between and one within* adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{X}_{r l k} = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\tau}_l + \boldsymbol{\beta}_k + (\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\beta})_{lk} + \mathbf{e}_{r l} + \mathbf{e}_{r l k} \quad (3.13)$$

dengan :

$$r_l = 1, 2, \dots, n_1$$

$$l = 1, 2, \dots, g$$

$$k = 1, 2, \dots, b$$

$\mathbf{X}_{r l k}$  =vektor observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke-  $r$  dari kombinasi perlakuan  $l k$  (taraf ke-  $l$  dari faktor A dan taraf ke-  $k$  dari faktor B)

$\boldsymbol{\mu}$  = vektor mean dari seluruh populasi

$\boldsymbol{\tau}_l$  = vektor efek perlakuan taraf ke-  $l$  dari faktor A

$\boldsymbol{\beta}_k$  = vektor efek perlakuan taraf ke-  $k$  dari faktor B

$(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\beta})_{lk}$  = vektor efek interaksi perlakuan taraf ke-  $l$  dari faktor A dan perlakuan taraf ke-  $k$  dari faktor B

$\mathbf{e}_{r l}$  = vektor efek eror/galat yang muncul dari satuan percobaan ke-  $r$  dalam taraf ke-  $l$  dari faktor A

$\mathbf{e}_{r l k}$  =vektor efek eror/galat yang muncul dari kombinasi satuan percobaan ke-  $r$  dan taraf ke-  $k$  dari faktor B dalam taraf ke-  $l$  dari faktor A

Karena model yang digunakan dalam pembahasan ini adalah model

tetap, maka asumsi model diatas  $\mathbf{X}_{r l k}$ ,  $\boldsymbol{\mu}$ ,  $\boldsymbol{\tau}_l$ ,  $\boldsymbol{\beta}_k$ ,  $(\boldsymbol{\tau}\boldsymbol{\beta})_{lk}$ ,  $\mathbf{e}_{r l}$ ,  $\mathbf{e}_{r l k}$  adalah

vektor berdimensi  $p$ , dimana  $\sum_{l=1}^g \tau_l = 0, \sum_{k=1}^b \beta_k = 0, \sum_{l=1}^g (\tau\beta)_{lk} = 0, \sum_{k=1}^b (\tau\beta)_{lk} = 0, e_{rl}$  berdistribusi  $N(0, \Sigma_1)$  dan  $e_{rlk}$  berdistribusi  $N(0, \Sigma_2)$ .

Dekomposisi vektor observasi adalah :

$$\begin{aligned} X_{r_l l k} = & \bar{X} + (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}) + (\bar{X}_{..k} - \bar{X}) + (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}) + \\ & (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.}) + (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.}) \end{aligned} \quad (3.14)$$

Perhatikan  $(\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..})$ , dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..}) = & (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..}) + (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{..}) + (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}_{..}) + \\ & (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.}) + (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.}) \end{aligned} \quad (3.15)$$

Jika persamaan (3.15) dikalikan dengan matriks transpose masing-masing dan dijumlahkan untuk seluruh data, maka akan diperoleh:

$$\begin{aligned} & \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..})^t \\ &= \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..})^t + \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{..})^t + \\ & \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}_{..})^t + \\ & \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.}) (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.})^t + \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.}) (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.})^t \\ &= b(\sum_l n_l (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..})^t) + \sum_l n_l (\sum_k (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{..})^t) + \\ & \sum_l n_l (\sum_k (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{.l.} - \bar{X}_{..k} + \bar{X}_{..})^t) + \\ & b \sum_{r_l} \sum_l (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.}) (\bar{X}_{r_l l.} - \bar{X}_{.l.})^t + \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.}) (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l.} + \bar{X}_{.l.})^t \end{aligned} \quad (3.16)$$

dengan :

$$\begin{aligned} & \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..}) (\bar{X}_{r_l l k} - \bar{X}_{..})^t \\ &= \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang total } (SSP_{tot}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& b(\sum_l n_l (\bar{X}_{.l} - \bar{X}_{...}) (\bar{X}_{.l} - \bar{X}_{...})^t) \\
& \quad = \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang faktor A } (SSP_A) \\
& \sum_l n_l (\sum_k (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{...}) (\bar{X}_{..k} - \bar{X}_{...})^t) \\
& \quad = \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang faktor B } (SSP_B) \\
& \sum_l n_l (\sum_k (\bar{x}_{lk} - \bar{x}_{.l} - \bar{x}_{..k} + \bar{x}_{...}) (\bar{x}_{lk} - \bar{x}_{.l} - \bar{x}_{..k} + \bar{x}_{...})^t) \\
& \quad = \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang interaksi faktor A dan} \\
& \quad \text{faktor B } (SSP_{AB}) \\
& b(\sum_{r_l} \sum_l (\bar{X}_{r_l l} - \bar{X}_{.l}) (\bar{X}_{r_l l} - \bar{X}_{.l})^t) \\
& \quad = \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang galat intersubjek} \\
& \quad \text{dalam faktor A } (SSP_{R/A}) \\
& \sum_{r_l} \sum_l \sum_k (\bar{X}_{r_l lk} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l} + \bar{X}_{.l}) (\bar{X}_{r_l lk} - \bar{X}_{.lk} - \bar{X}_{r_l l} + \bar{X}_{.l})^t \\
& \quad = \text{matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang galat interaksi subjek} \\
& \quad \text{dan faktor B dalam faktor A } (SSP_{RB/A})
\end{aligned}$$

Pada dasarnya, generalisasi analisis univariat ke analisis multivariat adalah dengan mengganti variabel skalar seperti  $(\bar{x}_{.l} - \bar{x}_{...})^2$  dengan variabel vektor  $(\bar{x}_{.l} - \bar{x}_{...})(\bar{x}_{.l} - \bar{x}_{...})^t$  (Johnson dan Wichern, 2002 : 310).

Pengujian hipotesis pada MANOVA pengukuran berulang ini menggunakan statistik Wilks' Lambda dengan rumus sebagai berikut (Hair dkk, 1984: 351):

$$\Lambda^* = \frac{|\mathbf{W}|}{|\mathbf{W} + \mathbf{A}|} \quad (3.17)$$

dengan  $|\mathbf{W}|$  adalah determinan matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang galat yang bersesuaian, sedangkan  $|\mathbf{W} + \mathbf{A}|$  adalah determinan matriks jumlahan dari matriks  $\mathbf{W}$  dan  $\mathbf{A}$ , dimana  $|\mathbf{A}|$  adalah matriks jumlah kuadrat dan hasil kali silang faktor yang akan diuji.

Distribusi dari Wilks' Lambda ( $\Lambda^*$ ) dapat diturunkan untuk beberapa kasus seperti pada tabel di bawah ini (Gaspersz, 1995 : 501):

**Tabel 3.2. Tabel Distribusi Wilks' Lambda**

Jumlah Variabel	Derajat Bebas Faktor	Distribusi Sampling Data Multivariat
$p = 1$	$v_A \geq 1$	$\left[ \frac{v_W}{v_A} \right] \left( \frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{v_A, v_W}(\alpha)$
$p = 2$	$v_A \geq 1$	$\left[ \frac{v_W-1}{v_A} \right] \left( \frac{1-\sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right) \sim F_{2v_A, 2(v_W-1)}(\alpha)$
$p \geq 1$	$v_A = 1$	$\left[ \frac{v_A+v_W-p}{p} \right] \left( \frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \sim F_{p, v_A+v_W-p}(\alpha)$
$p \geq 1$	$v_A = 2$	$\left[ \frac{v_A+v_W-p-1}{p} \right] \left( \frac{1-\sqrt{\Lambda^*}}{\sqrt{\Lambda^*}} \right) \sim F_{2p, 2(v_A+v_W-p-1)}(\alpha)$

dengan

$v_A$  = derajat bebas faktor

$v_W$  = derajat bebas galat

Pengujian hipotesis pada MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* sama dengan pengujian pada ANOVA *one between and one within* sehingga pengujian ditentukan oleh bentuk E(KT) pada ANOVA *one between and one within*. Tabel MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* disajikan sebagai berikut:



Tabel jumlah kuadrat dan hasil kali silang disajikan dalam tabel di bawah ini:

**Tabel 3.3 Tabel MANOVA Pengukuran Berulang  
Desain *One Between and One Within***

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat dan Hasil Kali Silang ( <i>Sums of Squares and Cross Product</i> )	derajat bebas	Wilk's Lambda
Faktor A	$SSP_A = b(\sum_{l=1}^g n_l (\bar{x}_{.l.} - \bar{x}_{...}) (\bar{x}_{.l.} - \bar{x}_{...})^t)$	$g - 1$	$\frac{ SSP_{R/A} }{ SSP_A + SSP_{R/A} }$
Faktor B	$SSP_B = \sum_{l=1}^g n_l (\sum_{k=1}^b (\bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{...}) (\bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{...})^t)$	$b - 1$	$\frac{ SSP_{RB/A} }{ SSP_B + SSP_{RB/A} }$
Interaksi Faktor AB	$SSP_{AB} = \sum_{l=1}^g n_l (\sum_{k=1}^b (\bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{.l.} - \bar{x}_{.lk} + \bar{x}_{...}) (\bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{.l.} - \bar{x}_{.lk} + \bar{x}_{...})^t)$	$(g - 1)(b - 1)$	$\frac{ SSP_{RB/A} }{ SSP_{AB} + SSP_{RB/A} }$
Galat R/A	$SSP_{R/A} = b \sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{l=1}^g (\bar{x}_{r_l l.} - \bar{x}_{.l.}) (\bar{x}_{r_l l.} - \bar{x}_{.l.})^t$	$\sum_{l=1}^g (n_l - 1)$	-
Galat RB/A	$SSP_{RB/A} = \sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (x_{r_l lk} - \bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{r_l l.} + \bar{x}_{...}) (x_{r_l lk} - \bar{x}_{.lk} - \bar{x}_{r_l l.} + \bar{x}_{...})^t$	$\sum_{l=1}^g (n_l - 1)(b - 1)$	-
Total	$SSP_{tot} = \sum_{r_l=1}^{n_l} \sum_{l=1}^g \sum_{k=1}^b (x_{r_l lk} - \bar{x}_{...}) (x_{r_l lk} - \bar{x}_{...})^t$	$(\sum_{l=1}^g n_l b) - 1$	-

### 3. Pengujian Hipotesis

Dalam desain *one between and one within* yang telah dibahas di atas, pengujian hipotesis untuk pengaruh interaksi faktor A dan faktor B menggunakan hipotesis nol bahwa tidak terdapat pengaruh interaksi faktor A dan faktor B, atau bisa dituliskan sebagai berikut :

$$H_0 : (\tau\beta)_{11} = (\tau\beta)_{12} = \dots = (\tau\beta)_{lk} = 0 \quad (3.18)$$

Sedangkan hipotesis alternatifnya adalah terdapat pengaruh interaksi faktor  $A$  dan faktor  $B$ , atau bisa dituliskan sebagai berikut:

$$H_1 : \exists l, k; (\tau\beta)_{lk} \neq 0 \quad (3.19)$$

dengan  $l = 1, 2, \dots, g$  dan  $k = 1, 2, \dots, b$

Statistik uji yang digunakan untuk uji hipotesis ini adalah statistik Wilks' Lambda:

$$\Lambda^* = \frac{|SSP_{RB/A}|}{|SSP_{AB} + SSP_{RB/A}|} \quad (3.20)$$

$$F_{hit} = \left( \frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \frac{(gb(n-1)-p+1)/2}{(l(g-1)(b-1)-p+1)/2} \quad (3.21)$$

Perhitungan statistik uji ini dilakukan berdasarkan tabel 3.3 dengan melihat derajat bebas faktor yang akan diuji dan banyaknya variabel dependen, dengan perhitungan  $\Lambda^*$  seperti pada persamaan (3.20). Jika  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  dimana  $F_{tabel} = F_{2v_A, 2(v_W-1)}$  maka  $H_0$  dapat disimpulkan bahwa ditolak.

Pada pengujian untuk pengaruh faktor  $A$ , hipotesis nol yang digunakan adalah tidak terdapat pengaruh faktor  $A$  atau bisa ditulis:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_g = 0 \quad (3.22)$$

dengan hipotesis alternatif bahwa terdapat pengaruh faktor  $A$  atau bisa ditulis:

$$H_1 : \exists l, \tau_l \neq 0 \quad (3.23)$$

dengan  $l = 1, 2, \dots, g$

Statistik uji yang digunakan untuk uji hipotesis ini adalah statistik Wilk's Lambda:

$$\Lambda^* = \frac{|SSP_{R/A}|}{|SSP_A + SSP_{R/A}|} \quad (3.24)$$

$$F_{hit} = \left( \frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \frac{(gb(n-1)-p+1)/2}{(|(g-1)-p|+1)/2} \quad (3.25)$$

Perhitungan statistik uji ini dilakukan berdasarkan tabel 3.3 dengan melihat derajat bebas faktor yang akan diuji dan banyaknya variabel terikat, dengan perhitungan  $\Lambda^*$  seperti pada persamaan (3.24). Jika  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  dimana  $F_{tabel} = F_{2v_A, 2(v_W-1)}$  maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak.

Pada pengujian untuk pengaruh faktor  $B$ , hipotesis nol yang digunakan adalah tidak terdapat pengaruh faktor  $B$  atau bisa ditulis:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0 \quad (3.26)$$

dengan hipotesis alternatif bahwa terdapat pengaruh faktor  $B$  atau bisa ditulis:

$$H_1 : \exists k, \beta_k \neq 0 \quad (3.27)$$

dengan  $k = 1, 2, \dots, b$

Statistik uji yang digunakan untuk uji hipotesis ini adalah statistik Wilks' Lambda:

$$\Lambda^* = \frac{|SSP_{RB/A}|}{|SSP_B + SSP_{RB/A}|} \quad (3.28)$$

$$F_{hit} = \left( \frac{1-\Lambda^*}{\Lambda^*} \right) \frac{(gb(n-1)-p+1)/2}{(|(b-1)-p|+1)/2} \quad (3.29)$$

Perhitungan statistik uji ini dilakukan berdasarkan tabel 3.3 dengan melihat derajat bebas faktor yang akan diuji dan banyaknya variabel dependen, dengan perhitungan  $\Lambda^*$  seperti pada persamaan (3.28). Jika  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$  dimana  $F_{tabel} = F_{2v_A, 2(v_W - 1)}$  maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak.

Untuk semua pengujian hipotesis di atas, jika pengujian dilakukan dengan SPSS, dapat digunakan kriteria keputusan dengan melihat angka signifikansi atau nilai  $p$ . Jika nilai  $p$  lebih kecil dari taraf nyata ( $\alpha$ ) maka dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak.

### C. Post Hoc pada MANOVA

Jika hipotesis nol diterima, yang berarti semua perlakuan yang dicobakan memberikan pengaruh yang sama dengan kata lain rata-rata perlakuan tersebut semua sama maka ini memberikan konsekuensi untuk tidak melakukan *post hoc* (Garperz, 1991 : 115). Oleh karena itu jika hipotesis nol diterima tidak ada *post hoc*, namun jika hipotesis nol ditolak maka dilakukan *post hoc*. Prosedur *post hoc* pada MANOVA dengan metode Bonferroni, metode Tukey *HSD*, dan metode fisher's *LSD* hanya membahas *post hoc* untuk faktor A (*between subjek*) dan faktor B (*within subjek*). Oleh karena itu *post hoc* untuk faktor interaksi faktor A (*between subjek*) dan faktor B (*within subjek*) tidak dibahas dalam skripsi ini.

# **1. Prosedur *Post Hoc* MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain *One Between and One Within* dengan Metode Bonferroni**

Metode Bonferroni, yaitu suatu metode yang digunakan untuk beberapa perbandingan interval. Pada MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain *One Between and One Within* ketika pengaruh faktor inter subjek dan antar subjek signifikan maka dilakukan *post hoc* dengan metode Bonferroni untuk mengkaji perbedaan yang ada diantara pengaruh faktor inter subjek dan antar subjek terhadap respon yang diamati, namun jika faktor inter subjek dan antar subjek tidak signifikan *post hoc* metode Bonferroni tidak dapat dilakukan.

Berikut *post hoc* dengan metode Bonferroni pada MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within* untuk masing-masing level pada faktor A dengan  $n_l$  subjek pada masing-masing level, yang masing-masing subjek diberi perlakuan yaitu faktor B (*within subject*) :

## a. Metode Bonferroni untuk pengaruh faktor A (*between subject*)

Metode Bonferroni untuk perbedaan komponen pada faktor A adalah  $\tau_l - \tau_m$ . Misalkan  $\tau_{li}$  adalah komponen ke- $i$  dari  $\tau_l$ , sehingga  $\tau_l$  memiliki perkiraan dari  $\hat{\tau}_{li} = \bar{x}_{li} - \bar{x}_i$  maka  $\hat{\tau}_{li} - \hat{\tau}_{mi} = \bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}$  adalah perbedaan antara dua rata-rata.

Interval kepercayaan simultan  $100(1 - \alpha)\%$  untuk  $\tau_{li} - \tau_{mi}$  adalah (Johnson & Wichern, 2002 : 312)

$$\tau_{li} - \tau_{mi} \text{ menjadi } \bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi} \pm t_v \left( \frac{\alpha}{pg(g-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{bn}} \quad (3.30)$$

Dengan  $v = gb(n - 1)$ ,  $E_{ii}$  adalah elemen diagonal ke  $i$  dari  $E = SSP_{RB/A}$

dan  $\tau_{li} - \tau_{mi}$  adalah komponen ke- $i$  dari  $\tau_l - \tau_m$ .

b. Metode Bonferroni untuk pengaruh faktor B (within *subject*)

Metode Bonferroni untuk perbedaan komponen pada faktor B adalah  $\beta_k - \beta_q$ . Misalkan  $\beta_{ki}$  adalah komponen ke- $i$  dari  $\beta_k$ , sehingga  $\beta_k$  memiliki perkiraan dari  $\hat{\beta}_{ki} = \bar{x}_{ki} - \bar{x}_i$  maka  $\hat{\beta}_{ki} - \hat{\beta}_{qi} = \bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}$  adalah perbedaan antara dua rata-rata.

Interval kepercayaan simultan  $100(1 - \alpha)\%$  untuk  $\beta_{ki} - \beta_{qi}$  adalah (Johnson & Wichern, 2002 : 312)

$$\beta_{ki} - \beta_{qi} \text{ menjadi } \bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi} \pm t_v \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}} \quad (3.31)$$

Dengan  $v = gb(n - 1)$ ,  $E_{ii}$  adalah elemen diagonal ke  $i$  dari  $E = SSP_{RB/A}$

dan  $\beta_{ki} - \beta_{qi}$  adalah komponen ke- $i$  dari  $\beta_k - \beta_q$ .

## 2. Prosedur *post hoc* MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain *One Between and One Within* dengan Tukey *HSD*

Prosedur *post hoc* metode Tukey *HSD* sesuai dalam desain pengukuran berulang, dengan ketentuan bahwa asumsi terpenuhi. Setiap dua rata-rata dinyatakan berbeda secara signifikan pada tingkat  $\alpha$  jika

(James Steven, 2002: 506) :

$$|\bar{y}_i - \bar{y}_j| > q_{\alpha; k, (n-k)} \sqrt{MS_w / n} \quad (3.32)$$

dimana  $MS_w$  adalah istilah jumlah kuadrat within dalam ANOVA satu arah, dan  $n$  adalah banyak subjek. Modifikasi dari Tukey *HSD* untuk *post*

*hoc* desain pengukuran berulang desain *one between and one within*, adalah sebagai berikut :

- a. Pada faktor A (*between subject*), akan menolak  $H_0$  jika

$$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| > q_{\alpha;l,(N-k)(l-1)}\sqrt{MS_{res}/n} \quad (3.33)$$

$$l = 1, 2, \dots, g \quad k = 1, 2, \dots, b$$

dimana  $n$  adalah banyak subjek dan  $(N - k)(l - 1)$  adalah derajat kebebasan error (menggantikan  $N - k$ , pada derajat kebebasan independent sampel ANOVA) dan  $MS_{res}$  adalah istilah jumlah kuadrat residual untuk pengukuran berulang, menggantikan  $MS_w$  (istilah jumlah kuadrat untuk ANOVA).

- b. Pada faktor B (*within subject*), akan menolak  $H_0$  jika

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| > q_{\alpha;k,(N-l)(k-1)}\sqrt{MS_{res}/n} \quad (3.34)$$

$$l = 1, 2, \dots, g \quad k = 1, 2, \dots, b$$

dimana  $n$  adalah jumlah subjek dan  $(N - l)(k - 1)$  adalah derajat kebebasan error (menggantikan  $N - k$ , pada derajat kebebasan independent sample ANOVA) dan  $MS_{res}$  adalah istilah jumlah kuadrat residual untuk pengukuran berulang, menggantikan  $MS_w$  (istilah jumlah kuadrat untuk ANOVA).

Setara dengan persamaan diatas, dapat menentukan apakah setiap populasi untuk dua kelompok berpasangan berbeda secara signifikan jika metode Tukey *HSD* dalam bentuk interval kepercayaan adalah sebagai berikut :

a. Untuk pengaruh faktor A (*between subjek*)

$$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| - q_{\alpha;l,(N-k)(l-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} < \tau_l - \tau_m < |\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| + q_{\alpha;l,(N-k)(l-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} \quad (3.35)$$

$$k = 1, 2, \dots, b \quad l = 1, 2, \dots, g$$

b. Untuk pengaruh faktor B (*within subjek*)

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - q_{\alpha;k,(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + q_{\alpha;k,(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} \quad (3.36)$$

$$k = 1, 2, \dots, b \quad l = 1, 2, \dots, g$$

dimana

$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh faktor A

$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh faktor B

$|\bar{x}_{lki} - \bar{x}_{mqi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh interaksi faktor A faktor B

$\bar{x}_{li}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $li$

$\bar{x}_{mi}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $mi$

$\bar{x}_{ki}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $ki$

$\bar{x}_{qi}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $qi$

$\bar{x}_{lki}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $lki$

$\bar{x}_{mqi}$  = rata-rata dari kelompok ke-  $mqi$

$n$  = banyak subjek

$$SS_b = n(\sum_{k=1}^b (\bar{x}_{..k} - \bar{x}_{...})^2) \quad (3.37)$$

$SS_b$  = jumlah kuadrat between

$n$  = banyak subjek

$k = 1, 2, \dots, b$

$$SS_w = \sum_r^n \sum_l^g \sum_{k=1}^b (\bar{x}_{rlk} - \bar{x}_{..k})^2 \quad (3.38)$$

$SS_w$  = jumlah kuadrat within

$l = 1, 2, \dots, g$

$k = 1, 2, \dots, b$

$r = 1, 2, \dots, n$

$$SS_{b1} = k \sum_l^g (\bar{x}_{.li} - \bar{x}_{...})^2 \quad (3.39)$$

$SS_{b1}$  = jumlah kuadrat blok

$k = 1, 2, \dots, b$

$l = 1, 2, \dots, g$

$i = 1, 2, \dots, p$



$$SS_{res} = SS_w - SS_{b1} \quad (3.40)$$

$SS_{res}$  = jumlah kuadrat residual

$SS_w$  = jumlah kuadrat within

$SS_{b1}$  = jumlah kuadrat blok

Sehingga,

$$MS_{res} = SS_{res} / (n - 1)(k - 1) \quad (3.41)$$

$n$  = banyak subjek

$k = 1, 2, \dots, b$

### 3. Prosedur *post hoc* MANOVA dengan Pengukuran Berulang

#### Desain *One Between and One Within* dengan Metode Fisher's *LSD*

Dalam menentukan populasi yang berbeda setelah kita menolak hipotesis persamaan populasi  $t$  dalam analisis varians, RA Fisher (1949) mengembangkan prosedur untuk perbandingan berpasangan antara populasi  $t$ . Prosedur ini disebut Fisher Least significant difference (*LSD*).

Jika  $H_0$  ditolak, maka kemudian *Least significant difference (LSD)* adalah untuk menentukan perbedaan yang diamati antara dua sampel. Untuk nilai  $\alpha$ , perbedaan signifikan untuk membandingkan dua sampel adalah sebagai berikut (Lyman, 1984 : 365) :

$$LSD = t_{\alpha/2} \sqrt{MS_{res} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (3.42)$$

Dimana  $n_i$  dan  $n_j$  adalah masing-masing ukuran sampel dari populasi  $i$  dan  $j$  dan  $t$  adalah nilai kritis  $t$  untuk  $\alpha/2$  dan  $df$  yang menunjukkan derajat kebebasan untuk  $MS_{res}$ . Untuk  $n_i = n_j = n$ , maka

$$LSD = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} \quad (3.43)$$

Untuk dapat menentukan apakah setiap populasi untuk dua kelompok berpasangan berbeda secara signifikan jika metode Fisher's *LSD* dalam bentuk interval kepercayaan adalah sebagai berikut :

Metode Fisher's *LSD* untuk pengaruh faktor A (*between subject*) dan untuk pengaruh faktor B (*within subject*) adalah sebagai berikut :

a. Untuk pengaruh faktor A (*between subjek*)

$$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \tau_l - \tau_m < |\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} \quad (3.44)$$

b. Untuk pengaruh faktor B (*within subjek*)

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} \quad (3.45)$$

dimana

$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh faktor A  
 $|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh faktor B  
 $|\bar{x}_{lki} - \bar{x}_{mqi}|$  = dua rata-rata kelompok berpasangan dari pengaruh interaksi faktor A faktor B

$\bar{x}_{li}$  = rata-rata dari kelompok ke- *li*

$\bar{x}_{mi}$  = rata-rata dari kelompok ke- *mi*

$\bar{x}_{ki}$  = rata-rata dari kelompok ke- *ki*

$\bar{x}_{qi}$  = rata-rata dari kelompok ke- *qi*

$\bar{x}_{lki}$  = rata-rata dari kelompok ke- *lki*

$\bar{x}_{mqi}$  = rata-rata dari kelompok ke- *mqi*

$n$  = banyak subjek

#### **D. Penerapan *Post Hoc* pada MANOVA Pengukuran Berulang Desain *One Between and One Within* pada Data Banyaknya Penjualan Motor**

Seorang pengusaha tertarik untuk meneliti banyaknya motor yang terjual dari beberapa merk dealer yang diukur berulang-ulang. Penjualan

motor tersebut diakibatkan oleh dua hal yaitu pembayaran secara tunai dan pembayaran secara kredit. Merk dealer ditetapkan terdiri dari tiga level yaitu merk dealer 1, merk dealer 2, dan merk dealer 3. Sedangkan waktu pengukuran ditetapkan terdiri dari empat level yaitu pengukuran pertama, pengukuran kedua, pengukuran ketiga dan pengukuran keempat. Pengusaha meneliti terhadap 18 jenis motor, yaitu enam jenis motor pada merk dealer 1, enam jenis motor pada merk dealer 2, dan enam jenis motor pada merk dealer 3. Ketiga merk dealer yang memanfaatkan pembayaran secara tunai dan pembayaran secara kredit akan dicatat selama empat kali waktu pengukuran secara berturut-turut. Hasil pengamatan banyaknya motor yang terjual pada beberapa merk dealer, dan waktu pengamatan akan dicatat dalam 10.000 satuan.

Dari penjelasan diatas, seorang peneliti akan membantu pengusaha tersebut dalam melakukan penelitian yaitu dengan menggunakan MANOVA pengukuran berulang deaian *one between and one within*. Berdasarkan semua level yang digunakan dalam penelitian maka model matematisnya adalah model tetap. Faktor A untuk faktor kelompok dealer merupakan faktor *between subject* (antar subjek) karena kelompok-kelompok subjek diberikan perlakuan yang berbeda. Sedangkan faktor B untuk faktor waktu pengukuran merupakan faktor *within subject* (inter subjek) karena untuk melakukan pengamatan terhadap perubahan perilaku subjek. Variabel dependen/tak bebas yang diamati yaitu  $X_1$ = penjualan secara tunai,  $X_2$ =penjualan secara kredit. Oleh karena itu akan diteliti

apakah faktor A dan faktor B serta interaksi dari faktor A dan faktor B mempengaruhi banyaknya motor yang terjual secara tunai ( $X_1$ ) dan motor yang terjual secara kredit ( $X_2$ ).

**Tabel. 3.4 Banyaknya Motor Yang Terjual Secara Tunai ( $X_1$ ) dan Yang Terjual Secara Kredit ( $X_2$ )**

Faktor A	Subjek	Faktor B							
		1		2		3		4	
		X1	X2	X1	X2	X1	X2	X1	X2
1	1	10,8	37	10,3	39	10,9	39	9,3	38
	2	12,0	34	8,7	31	10,9	29	10,1	32
	3	11,7	33	6,7	20	9,3	33	11,2	33
	4	10,5	34	7,2	23	6,9	28	12,5	36
	5	9,8	32	7,4	28	7,5	28	11,4	35
	6	11,6	36	8,3	38	7,7	29	11,2	38
2	1	11,9	38	12,1	37	9,7	38	10,8	39
	2	12,1	34	11,5	33	9,1	29	10,3	33
	3	9,7	32	7,0	24	11,5	33	8,6	28
	4	11,9	31	8,7	30	12,3	32	8,9	23
	5	10,5	37	8,9	35	12,5	37	10,4	27
	6	10,8	38	8,4	39	10,6	36	12,3	31
3	1	11,5	33	10,1	32	10,9	35	10,9	35
	2	10,7	32	7,6	26	8,7	29	10,9	33
	3	10,9	36	7,8	26	8,7	28	10,9	34
	4	10,9	34	8,1	28	9,8	27	8,5	32
	5	11,3	32	8,6	27	9,9	29	8,5	30
	6	8,8	33	10,5	29	10,3	31	7,5	29

Sebelum data pada tabel diatas diuji dengan MANOVA pengukuran berulang, terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi-asumsi MANOVA pengukuran berulang.

Uji Normalitas Kolmogorov-Smirnov dilakukan dengan SPSS dengan menggunakan hipotesis nol bahwa variabel dependen berdistribusi normal dan hipotesis alternatif bahwa variabel dependen tidak berdistribusi normal. Dari uji normalitas dengan SPSS diperoleh tabel sebagai berikut :

**Tabel. 3.5 Uji Normalitas Data Hasil Banyaknya Penjualan Motor**

Variabel	$D_{hit}$	db	Dtabel	Sig.
X1	0,098	72	0,1602	0,084
X2	0,094	72	0,1602	0,183

Perhitungan tabel di atas diperoleh dari output pada lampiran 2. Dari tabel di atas dapat dilihat untuk semua variabel nilai  $D_{hit}$  lebih kecil dari nilai  $D_{tabel}$  atau jika dilihat dari nilai  $p$  semua variabel menghasilkan nilai  $p$  yang lebih besar dari taraf nyata  $\alpha=0,05$ . Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa variabel dependen berdistribusi normal, sehingga variabel dependen  $X_1$  dan  $X_2$  berdistribusi normal multivariat.

Selanjutnya, pengujian asumsi sphericity dengan *Mauchley's Test for Sphericity* menggunakan SPSS menghasilkan tabel sebagai berikut :

**Tabel. 3.6 Mauchly's Test for Sphericity data Banyaknya Motor Terjual**

Faktor <i>Within Subject</i>	Respon	Db	Mauchly's W	$\chi^2_{hit}$	$\chi^2_{tabel}$	Nilai $p$
Waktu	X1	5	0,535	8,584	11,070	0,128
	X2	5	0,552	8,144	11,070	0,149

Perhitungan tabel 3.5 diperoleh dari output pada lampiran 3. Dari tabel di atas dapat dilihat nilai  $X^2_{hit}$  untuk kedua variabel lebih kecil dari  $X^2_{tabel}$ , atau jika dilihat dari nilai  $p$ , diketahui bahwa nilai  $p$  untuk kedua variabel lebih besar dari  $\alpha=0,05$ . Maka dapat dikatakan bahwa matriks variansi-kovariansi telah memenuhi asumsi *sphericity*.

Karena asumsi-asumsi telah dipenuhi, maka dapat dilakukan pengujian MANOVA pengukuran berulang pada data tersebut. Pengujian MANOVA pengukuran berulang ini menggunakan taraf nyata  $\alpha=0,05$ .

**Tabel. 3.7 MANOVA one between and one within**

Sumber Variansi	Db	$F_{hit}$	$F_{tabel}$	Nilai $p$
Faktor A (Kelompok)	3-1 = 2	1,778	$F_{2v_A, 2(v_W-1)}$ $= F_{4, 28(0,05)}$ $= 2,71$	0,161
Faktor B (Waktu Pengukuran)	4-1 = 3	6,481	$F_{2v_A, 2(v_W-1)}$ $= F_{6, 88(0,05)}$ $= 2,2$	0,005
Interaksi Faktor AB (Kelompok dan Waktu Pengukuran)	(3-1)(4-1) = 6	1,715	$F_{2v_A, 2(v_W-1)}$ $= F_{12, 88(0,05)}$ $= 1,86$	0,138
Galat R/A	(6-1)3 = 15	-	-	-
Galat RB/A	(6-1)(4-1)3 = 45	-	-	-
Total	(6x4)3-1=71	-	-	-

Dalam pengujian ini, statistik uji yang digunakan adalah statistik Wilk's Lambda. Perhitungan tabel di atas diperoleh dari output pada lampiran 3 (*Multivariate Tests*<sup>c</sup>). Dari tabel diatas dapat dilihat pada waktu pengukuran nilai  $F_{hit}$  lebih besar dari  $F_{tabel}$ , atau jika dilihat dari nilai  $p$ , diketahui bahwa nilai  $p$  lebih kecil dari taraf nyata  $\alpha=0,05$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan waktu pengukuran mempengaruhi banyaknya motor yang terjual secara tunai ( $X_1$ ) dan banyaknya motor yang terjual secara kredit ( $X_2$ ).

Pengujian terhadap pengaruh interaksi merk dealer dan waktu pengukuran serta pengaruh merk dealer menghasilkan nilai  $F_{hit}$  lebih kecil dari  $F_{tabel}$ , atau jika dilihat dari nilai  $p$ , diketahui bahwa nilai  $p$  lebih besar dari taraf nyata  $\alpha=0,05$ . Sehingga, dapat disimpulkan bahwa perbedaan interaksi merk dealer dan waktu pengukuran serta perbedaan merk dealer tidak mempengaruhi banyaknya motor yang terjual secara tunai ( $X_1$ ) dan motor yang terjual secara kredit ( $X_2$ ).

Karena pengaruh waktu signifikan dalam mempengaruhi banyaknya motor yang terjual secara tunai dan kredit, maka dilakukan *post hoc*. *Post hoc* dapat menggunakan dengan metode Bonferroni, metode Tukey *HSD*, dan metode Fisher's *LSD*.

### 1. *Post Hoc* pada Data Banyaknya Penjualan Motor dengan Metode Bonferroni

Waktu merupakan faktor B yang dibedakan menjadi empat waktu pengamatan yaitu waktu pengamatan ke-1 ( $x_1$ ), waktu pengamatan ke-2 ( $x_2$ ), waktu pengamatan ke-3 ( $x_3$ ), dan waktu pengamatan ke-4 ( $x_4$ ), dengan  $g = 3, b = 4, p = 2, n = 6$  dan

$SSP_{RB/A} = \begin{bmatrix} 104,312 & 160,117 \\ 160,117 & 952,167 \end{bmatrix}$ , perhitungan  $SSP_{RB/A}$  diperoleh

dari output pada lampiran 3. Berikut uji metode Bonferroni

$$\bar{x}_1 = \begin{bmatrix} 10,96 \\ 34,22 \end{bmatrix}; \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 8,77 \\ 30,28 \end{bmatrix}; \bar{x}_3 = \begin{bmatrix} 9,84 \\ 31,67 \end{bmatrix}; \bar{x}_4 = \begin{bmatrix} 10,23 \\ 32,55 \end{bmatrix}; \bar{x} = \begin{bmatrix} 9,88 \\ 32,18 \end{bmatrix}$$

$$a) (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

$$b) (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

$$c) (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

$$d) (\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

$$e) (\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

$$f) (\bar{x}_{3i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$



1). Pembayaran Tunai (X1)

a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$\begin{aligned}
 & (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (\bar{x}_{11} - \bar{x}_{21}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{11}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (10,96 - 8,77) \pm t_{3.4(6-1)} \left( \frac{0,05}{2.4(4-1)} \right) \sqrt{\frac{104,312}{3.4(6-1)} \frac{2}{3.6}} \\
 & = 2,19 \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}} \\
 & = 2,19 \pm (2,98)(0,4395) \\
 & = 2,19 \pm 1,309 \text{ atau } (0,881 ; 3,499)
 \end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai (0,881; 3,499) bertanda positif semua atau sebaliknya negatif semua maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-2 terdapat perbedaan.

b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$\begin{aligned}
 & (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (\bar{x}_{11} - \bar{x}_{31}) \pm t_{4.3(6-1)} \left( \frac{0,05}{2.4(4-1)} \right) \sqrt{\frac{104,312}{4.3(6-1)} \frac{2}{3.6}} \\
 & (10,96 - 9,84) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}}
 \end{aligned}$$

$$= 1,12 \pm (2,98)(0,4395)$$

$$= 1,12 \pm 1,309 \text{ atau } (-0,189 ; 2,429)$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai (-0,189; 2,429) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-3 tidak terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$(\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$(\bar{x}_{11} - \bar{x}_{41}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{11}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$(\bar{x}_{11} - \bar{x}_{41}) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}}$$

$$(10,96 - 10,23) \pm (2,98)(0,4395)$$

$$= 0,73 \pm 1,309 \text{ atau } (-0,579; 2,039)$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai (-0,579; 2,039) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu

pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$(\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$(\bar{x}_{21} - \bar{x}_{31}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{11}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$(\bar{x}_{21} - \bar{x}_{31}) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}}$$

$$(8,77 - 9,84) \pm (2,98)(0,4395)$$

$$= -1,07 \pm 1,309 \text{ atau } (-2,379; 0,239)$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai  $(-2,379; 0,239)$  bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu pengamatan ke-2 dan waktu pengamatan ke-3 tidak terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$(\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$(\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{11}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}} \\
& (8,77 - 10,23) \pm (2,98)(0,4395) \\
& = -1,46 \pm 1,309 \text{ atau } (-2,769; 0,151)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai (-2,769; 0,151) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu pengamatan ke-2 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{3i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (\bar{x}_{31} - \bar{x}_{41}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{11}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (\bar{x}_{31} - \bar{x}_{41}) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{104,312}{60} \frac{2}{18}} \\
& (9,84 - 10,23) \pm (2,98)(0,4395) \\
& = -0,39 \pm 1,309 \text{ atau } (-1,699; 0,919)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara tunai (-1,699; 0,919) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk waktu

pengamatan ke-3 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

## 2). Pembayaran Kredit (X2)

### a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$\begin{aligned}
 & (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{2i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (\bar{x}_{12} - \bar{x}_{22}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (34,22 - 30,28) \pm t_{4.3(6-1)} \left( \frac{0,05}{2.4(4-1)} \right) \sqrt{\frac{952,167}{4.3(6-1)} \frac{2}{3.6}} \\
 & = 3,94 \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
 & = 3,94 \pm (2,98)(1,32) \\
 & = 3,94 \pm 3,93 \text{ atau } (0,01; 7,87)
 \end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit (0,01; 7,87) bertanda positif semua atau sebaliknya negatif semua maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-2 terdapat perbedaan.

### b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$(\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{12} - \bar{x}_{32}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (34,22 - 31,67) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
& = 2,55 \pm (2,98)(1,32) \\
& = 2,55 \pm 3,93 \text{ atau } (-1,38; 6,48)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit (-1,38; 6,48) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-3 tidak terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{1i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (\bar{x}_{12} - \bar{x}_{42}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (34,22 - 32,55) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
& = 1,667 \pm (2,98)(1,32) \\
& = 1,667 \pm 3,93 \text{ atau } (-2,263; 5,597)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit (-2,263; 5,597) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif

maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-1 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$\begin{aligned}
 & (\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{3i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (\bar{x}_{22} - \bar{x}_{32}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
 & (30,28 - 31,67) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
 & = -1,39 \pm (2,98)(1,32) \\
 & = -1,39 \pm 3,93 \text{ atau } (-5,32; 2,54)
 \end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit  $(-5,32; 2,54)$  bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-2 dan waktu pengamatan ke-3 tidak terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$(\bar{x}_{2i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}}$$

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{22} - \bar{x}_{42}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (30,28 - 32,55) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
& = -2,27 \pm (2,98)(1,32) \\
& = -2,27 \pm 3,93 \text{ atau } (-6,2; 1,66)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit (-6,2; 1,66) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-2 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$\begin{aligned}
& (\bar{x}_{3i} - \bar{x}_{4i}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (\bar{x}_{32} - \bar{x}_{42}) \pm t_{gb(n-1)} \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{22}}{gb(n-1)} \frac{2}{gn}} \\
& (31,67 - 32,55) \pm t_{60}(0,00208) \sqrt{\frac{952,167}{60} \frac{2}{18}} \\
& = -0,88 \pm (2,98)(1,32) \\
& = -0,88 \pm 3,93 \text{ atau } (-4,81 ; 3,05)
\end{aligned}$$

Karena nilai interval perbedaan banyaknya penjualan yang diakibatkan pembayaran secara kredit (-4,81 ; 3,05) bertanda negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif maka dapat



disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk waktu pengamatan ke-3 dan waktu pengamatan ke-4 tidak terdapat perbedaan.

## 2. *Post Hoc* pada Data Banyaknya Penjualan Motor dengan Metode Tukey *HSD*

### a. Pembayaran Tunai (X1)

*Post hoc* dengan metode Tukey *HSD* untuk pengaruh faktor B (*within subject*) yaitu pengaruh yang diakibatkan oleh waktu pengamatan.

$$\bar{x}_1 = \begin{bmatrix} 10,96 \\ 34,22 \end{bmatrix}; \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 8,77 \\ 30,28 \end{bmatrix}; \bar{x}_3 = \begin{bmatrix} 9,84 \\ 31,67 \end{bmatrix}; \bar{x}_4 = \begin{bmatrix} 10,23 \\ 32,55 \end{bmatrix}; \bar{x} = \begin{bmatrix} 9,88 \\ 32,18 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan interval kepercayaan metode Tukey *HSD* seperti dibawah ini

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - q_{0.05;k(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + q_{0.05;k(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}}$$

dengan

$N=18$ ,  $l = 3$ ,  $k= 4$ ,  $MS_{res} = 1,739$  dimana perhitungan  $MS_{res}$  diperoleh dari lampiran 3.

Oleh karena itu, diperoleh hasil analisis sebagai berikut:

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;k,(N-l)(k-1)} \sqrt{MS_{res}/N}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;4,(18-3)(4-1)} \sqrt{1,739/18}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;4,45} \sqrt{1,739/18}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 3,7802(0,3108)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 1,174$$

a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$2,19 - 1,174 < \beta_1 - \beta_2 < 2,19 + 1,174$$

$$1,016 < \beta_1 - \beta_2 < 3,364$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun kedua terdapat perbedaan.

b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$1,12 - 1,174 < \beta_1 - \beta_3 < 1,12 + 1,174$$

$$-0,054 < \beta_1 - \beta_3 < 2,294$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk tahun pertama dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$0,73 - 1,174 < \beta_1 - \beta_4 < 0,73 + 1,1917$$

$$-0,444 < \beta_1 - \beta_4 < 1,904$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang

diakibatkan pembayaran secara tunai untuk untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$1,07 - 1,174 < \beta_2 - \beta_3 < 1,07 + 1,174$$

$$-0,104 < \beta_2 - \beta_3 < 2,244$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya negatif dan positif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$1,46 - 1,174 < \beta_2 - \beta_4 < 1,46 + 1,1917$$

$$0,286 < \beta_2 - \beta_4 < 2,634$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun keempat terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$0,39 - 1,174 < \beta_3 - \beta_4 < 0,39 + 1,174$$

$$-0,784 < \beta_3 - \beta_4 < 1,564$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun ketiga dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

b. Pembayaran Kredit (X2)

*Post hoc* dengan metode Tukey *HSD* untuk pengaruh faktor B (*within subject*) yaitu pengaruh yang diakibatkan oleh waktu pengamatan.

$$\bar{x}_1 = \begin{bmatrix} 10,96 \\ 34,22 \end{bmatrix}; \bar{x}_2 = \begin{bmatrix} 8,77 \\ 30,28 \end{bmatrix}; \bar{x}_3 = \begin{bmatrix} 9,84 \\ 31,67 \end{bmatrix}; \bar{x}_4 = \begin{bmatrix} 10,23 \\ 32,55 \end{bmatrix}; \bar{x} = \begin{bmatrix} 9,88 \\ 32,18 \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan interval kepercayaan metode Tukey *HSD* seperti dibawah ini

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - q_{0.05;k(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + q_{0.05;k(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}}$$

dengan

$N=18$   $l = 3$ ,  $k = 4$ ,  $MS_{res} = 15,869$  dimana perhitungan  $MS_{res}$  diperoleh dari lampiran 3.

Oleh karena itu, diperoleh hasil analisis sebagai berikut

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;k(N-l)(k-1)} \sqrt{MS_{res}/N}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;4(18-3)(4-1)} \sqrt{15,869/18}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{0.05;4,45} \sqrt{0,8816}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 3,7802(0,9389)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 3,549$$

a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$3,9444 - 3,549 < \beta_1 - \beta_2 < 3,9444 + 3,549$$

$$0,3954 < \beta_1 - \beta_2 < 7,49$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun kedua terdapat perbedaan.

b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$2,556 - 3,549 < \beta_1 - \beta_3 < 2,556 + 3,549$$

$$-0,993 < \beta_1 - \beta_3 < 6,105$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$1,667 - 3,549 < \beta_1 - \beta_4 < 1,667 + 3,549$$

$$-1,882 < \beta_1 - \beta_4 < 5,216$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$1,3889 - 3,549 < \beta_2 - \beta_3 < 1,3889 + 3,549$$

$$-2,16 < \beta_2 - \beta_3 < 4,93$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$2,2778 - 3,549 < \beta_2 - \beta_4 < 2,2778 + 3,549$$

$$-1,27 < \beta_2 - \beta_4 < 5,82$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$0,889 - 3,549 < \beta_3 - \beta_4 < 2,2778 + 3,549$$

$$-2,66 < \beta_3 - \beta_4 < 4,43$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun ketiga dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

### 3. *Post Hoc* pada Data Banyaknya Penjualan Motor dengan Fisher's *LSD*

a. Pembayaran Tunai (X1)

Metode Fisher's *LSD* untuk pengaruh faktor B (*within subject*) yaitu pada waktu pengamatan

Dengan menggunakan interval kepercayaan metode Fisher's *LSD* seperti dibawah ini

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}}$$

Dengan  $n=18$ ,  $df = 60$  dan  $MS_{res} = 1,739$  dimana perhitungan  $df$  dan  $MS_{res}$  diperoleh dari lampiran 3.

Oleh karena itu diperoleh analisis sebagai berikut :

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right); df} \sqrt{\frac{2M_{res}}{n}}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{\left(\frac{0,05}{2}\right); 60} \sqrt{\frac{2(1,739)}{18}}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{(0,025); 60} (0,4395)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 2(0,4395)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 0,8791$$

a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$2,19 - 0,8791 < \beta_1 - \beta_2 < 2,19 + 0,8791$$

$$1,3109 < \beta_1 - \beta_2 < 3,0691$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun kedua terdapat perbedaan.

b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$1,12 - 0,8791 < \beta_1 - \beta_3 < 1,12 + 0,8791$$

$$0,2409 < \beta_1 - \beta_3 < 1,999$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun ketiga terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$0,73 - 0,8791 < \beta_1 - \beta_4 < 0,73 + 0,8791$$

$$-0,1491 < \beta_1 - \beta_4 < 1,6091$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat



disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$1,07 - 0,8791 < \beta_2 - \beta_3 < 1,07 + 0,8791$$

$$0,1909 < \beta_2 - \beta_3 < 1,9491$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun ketiga terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$1,46 - 0,8791 < \beta_2 - \beta_4 < 1,46 + 0,8791$$

$$0,5809 < \beta_2 - \beta_4 < 2,3391$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun keempat terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$0,388 - 0,8791 < \beta_3 - \beta_4 < 0,388 + 0,8791$$

$$-0,4911 < \beta_3 - \beta_4 < 1,2671$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara tunai untuk pengamatan tahun ketiga dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

#### b. Pembayaran Kredit (X2)

Metode Fisher's *LSD* untuk pengaruh faktor B (*within subject*) yaitu pada waktu pengamatan

Dengan menggunakan interval kepercayaan metode Fisher's *LSD* seperti berikut ini

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}}$$

$n = 18$ ,  $df = 60$  dan  $MS_{res} = 15,869$  dimana perhitungan  $df$  dan  $MS_{res}$  diperoleh dari lampiran 3.

Oleh karena itu diperoleh analisis sebagai berikut :

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{\left(\frac{\alpha}{2}\right); df} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{\left(\frac{0,05}{2}\right); 60} \sqrt{\frac{2(15,869)}{18}}$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm t_{(0,025); 60} (1,3278)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 2(1,3278)$$

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm 2,6557$$

a). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

$$3,9444 - 2,6557 < \beta_1 - \beta_2 < 3,9444 + 2,6557$$

$$1,2887 < \beta_1 - \beta_2 < 6,6001$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh positif semua atau sebaliknya negatif semua, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun kedua terdapat perbedaan.

b). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-3

$$2,5556 - 2,6557 < \beta_1 - \beta_3 < 2,5556 + 2,6557$$

$$-0,1001 < \beta_1 - \beta_3 < 5,2113$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

c). Waktu pengamatan ke-1 dan ke-4

$$1,6667 - 2,6557 < \beta_1 - \beta_4 < 1,6667 + 2,6557$$

$$-0,989 < \beta_1 - \beta_4 < 4,3224$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun

pertama dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

d). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-3

$$1,3889 - 2,6557 < \beta_2 - \beta_3 < 1,2444 + 2,6557$$

$$-1,2668 < \beta_2 - \beta_3 < 3,9001$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun pertama dengan pengamatan tahun ketiga tidak terdapat perbedaan.

e). Waktu pengamatan ke-2 dan ke-4

$$2,2778 - 2,6557 < \beta_2 - \beta_4 < 2,2778 + 2,6557$$

$$-0,3779 < \beta_2 - \beta_4 < 4,9335$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun kedua dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

f). Waktu pengamatan ke-3 dan ke-4

$$0,8889 - 2,6557 < \beta_3 - \beta_4 < 0,8889 + 2,6557$$

$$-1,7668 < \beta_3 - \beta_4 < 3,5446$$

Karena dari interval kepercayaan yang diperoleh negatif dan positif atau sebaliknya positif dan negatif, maka dapat

disimpulkan bahwa rata-rata banyaknya penjualan motor yang diakibatkan pembayaran secara kredit untuk pengamatan tahun ketiga dengan pengamatan tahun keempat tidak terdapat perbedaan.

## BAB IV

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai prosedur *post hoc* pada MANOVA desain *one between and one within* dan contoh penerapannya maka dapat diambil kesimpulan. Sebelum melakukan *post hoc*, terlebih dahulu dilakukan pengujian MANOVA dimana pengujian pada MANOVA desain *one between and one within* menggunakan statistik uji Wilks' Lambda, dengan distribusi  $F$  yang memenuhi asumsi antar pengamatan harus independen, distribusi normal multivariat pada variabel dependen, dan homogenitas matriks varians kovarians pengukuran pada faktor inter subjek yang memenuhi *sphericity*. Pengujian asumsi *sphericity* menggunakan statistik  $X^2$  yang sudah ditransformasikan dari  $W$ .

dengan :

$$W = \frac{|\mathcal{A}S_e\mathcal{A}^t|}{\left[\frac{\text{trace}(\mathcal{A}S_e\mathcal{A}^t)}{p}\right]^p}$$
$$X^2 = -(n - g)d[\ln(W)]$$
$$d = 1 - \left[\frac{2t^2 - 3t + 3}{69n - g)(t - 1)}\right]$$

Jika nilai  $X_{Hit}^2$  lebih kecil dengan  $X_{tabel}^2$  dimana  $X_{tabel}^2 = X_{\alpha; \left(\frac{t(t-1)}{2}\right) - 1}^2$  maka dapat disimpulkan bahwa asumsi *sphericity* telah dipenuhi.

1. Prosedur *Post Hoc* pada MANOVA Desain *One Between and One Within*

a). Prosedur *Post Hoc* pada MANOVA Desain *One Between and One Within* dengan Metode Bonferroni

Metode Bonferroni untuk perbedaan komponen pada faktor A (*between subject*) dari komponen ke-i dan l. Interval kepercayaan simultan  $100(1 - \alpha)\%$  untuk  $\tau_{li} - \tau_{mi}$  adalah

$$\tau_{li} - \tau_{mi} \text{ menjadi } \bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi} \pm t_v \left( \frac{\alpha}{pg(g-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{bn}}$$

Metode Bonferroni untuk perbedaan komponen pada faktor B (*within subject*) dari komponen ke-i dan k. Dengan interval kepercayaan simultan  $100(1 - \alpha)\%$  untuk  $\beta_{ki} - \beta_{qi}$  adalah

$$\beta_{ki} - \beta_{qi} \text{ menjadi } \bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi} \pm t_v \left( \frac{\alpha}{pb(b-1)} \right) \sqrt{\frac{E_{ii}}{v} \frac{2}{gn}}$$

b). Prosedur *post hoc* pada MANOVA Desain *One Between and One Within* dengan Tukey *HSD*

Dalam menentukan apakah setiap populasi untuk dua kelompok berpasangan berbeda secara signifikan jika metode Tukey *HSD* dalam bentuk interval kepercayaan adalah sebagai berikut :

1). Untuk pengaruh faktor A (*between subjek*)

$$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| \pm q_{\alpha; l, (N-k)(l-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}}$$

2). Untuk pengaruh faktor B (*within subjek*)

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| \pm q_{\alpha;k,(N-l)(k-1)} \sqrt{\frac{MS_{res}}{n}}$$

c). Prosedur *post hoc* MANOVA dengan Pengukuran Berulang Desain *One Between and One Within* dengan Metode Fisher's *LSD*

Prosedur untuk perbandingan berpasangan antara populasi t disebut Fisher Least significant difference (*LSD*). Jika  $H_0$  ditolak, maka kemudian *Least significant difference (LSD)* adalah untuk menentukan perbedaan yang diamati antara dua sampel. Untuk nilai  $\alpha$ , perbedaan signifikan untuk membandingkan dua sampel adalah

$$LSD = t_{\alpha/2} \sqrt{s_w^2 \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)}$$

Untuk  $n_i = n_j = n$ , maka

$$LSD = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2s_w^2}{n}}$$

Untuk dapat menentukan apakah setiap populasi untuk dua kelompok berpasangan berbeda secara signifikan jika metode Fisher's *LSD* dalam bentuk interval kepercayaan adalah sebagai berikut :

1). Untuk pengaruh faktor A (*between subjek*)

$$|\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \tau_l - \tau_m < |\bar{x}_{li} - \bar{x}_{mi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}}$$

2). Untuk pengaruh faktor B (*within subjek*)

$$|\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}} < \beta_k - \beta_q < |\bar{x}_{ki} - \bar{x}_{qi}| + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2MS_{res}}{n}}$$



2. Contoh Penerapan Prosedur *Post Hoc* pada MANOVA Desain *One Between and One Within* adalah penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh interaksi faktor merk dealer dan waktu pengukuran terhadap banyaknya motor yang terjual secara tunai (X1) dan banyaknya motor yang terjual secara kredit (X2). Faktor merk dealer merupakan faktor A (*between subject*) yang ditetapkan terdiri dari tiga taraf yaitu merk dealer 1, merk dealer 2, dan merk dealer 3. Sedangkan faktor waktu pengukuran merupakan faktor B (*within subject*) ditetapkan terdiri dari empat taraf yaitu tahun sampai tahun keempat. Berdasarkan semua taraf yang digunakan dalam penelitian maka model matematisnya adalah model tetap. Penelitian ini dilakukan terhadap 18 jenis motor, yaitu enam jenis motor pada merk dealer 1, enam jenis motor pada merk dealer 2, dan enam jenis motor pada merk dealer 3. Ketiga merk dealer yang memanfaatkan pembayaran secara tunai dan pembayaran secara kredit akan dicatat setiap tahun selama empat tahun berturut-turut. Hasil pengujian ini akan dicatat dalam satuan puluhan ribu rupiah. Hasil pengujian ini adalah perbedaan waktu pengukuran mempengaruhi banyaknya hasil penjualan motor yang dibayar secara tunai dan banyaknya hasil penjualan motor yang dibayar secara kredit. Sedangkan interaksi merk dealer dan waktu pengukuran serta perbedaan merk dealer tidak mempengaruhi banyaknya hasil penjualan motor yang dibayar secara tunai dan

banyaknya hasil penjualan motor yang dibayar secara kredit. Oleh karena itu, untuk pengaruh waktu pengukuran perlu dilakukan *post hoc*, dan hasilnya variabel yang mempengaruhi perbedaan antar waktu dalam penjualan motor adalah pada penjualan motor secara tunai.

## **B. Saran**

Dalam penulisan skripsi ini, penulis hanya menjelaskan prosedur post hoc pada MANOVA desain *one between and one within*. Bagi pembaca yang berminat, penulis menyarankan untuk :

1. Melakukan *post hoc* pada MANOVA desain *one between and two within*.
2. Membahas *post hoc* selain menggunakan metode Bonferroni (*multiple dependent t test*), Tukey HSD (*Honestly significant difference*) dan metode Fisher's LSD (*Least significant difference*) yaitu dengan menggunakan *Duncan's multiple-range test*, *Newman-Kuels test*, *scheffe* dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gaspersz, V. 1995. *Teknik Analisis Dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: Tarsito
- Hair, J.F., Anderson, R.E. Tatham, R.L. & Black, W.C. 1984. *Multivariate Data Analysis, fifth edition*. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Huberty, C.J. & Olenjik, S. 2006. *Applied MANOVA and Discriminant Analysis*. 2nd ed. New Jersey: John Wiley and Sons.
- Johnson, R.A. & Wichern, D.W. 2002. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Mauchly, J.W. 1940. Significance Test for Sphericity of a Normal n-Variate Distribution. *Annals of Mathematical Statistics*, 11(2): 204-209.
- Ott, L. 1984. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis, second edition*. Boston: Duxbury Press.
- Santosa, S. 2010. *Statistika Multivariat*. Jakarta: Gramedia.
- Sharma, S. 1996. *Applied Multivariate Techniques*. New York : John Wiley and Sons.
- Shaughnessy, J.J. & Zechmeister, J.S. 2006. *Research Methods in Psychology*. New York: McGraw Hill.
- Steven, J. 2002. *Applied Multivariate Statistics For The Social Sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Suprihatiningtyas, P.I. 2010. *Manova pada Pengukuran Berulang dengan Desain One Between*. Skripsi. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Suryanto. 1988. *Metode Statistika Multivariat*. Jakarta: Depdikbud.

**LAMPIRAN**

## LAMPIRAN 1

### Kombinasi Pengaruh yang Diuji pada Contoh MANOVA *One Between and One Within*

Pengaruh-pengaruh yang diuji pada contoh penerapan MANOVA pengukuran berulang desain *one between and one within*:

#### 1. Pengaruh interaksi inter subjek dan antar subjek

interaksi inter subjek dan antar subjek yang diuji adalah apakah perbedaan interaksi waktu pengukuran dan kelompok kartu mempengaruhi banyaknya hasil penjualan motor secara tunai (X1) dan banyaknya hasil penjualan motor secara kredit (X2). Pada penelitian ini terdapat dua level faktor kelompok dan empat level faktor waktu sehingga kombinasi perbedaan interaksi kelompok dan waktu yang diuji sebanyak  $3 \times 4 = 12$  kombinasi sebagai berikut:

- a) Kelompok 1 waktu 1
- b) Kelompok 1 waktu 2
- c) Kelompok 1 waktu 3
- d) Kelompok 1 waktu 4
- e) Kelompok 2 waktu 1
- f) Kelompok 2 waktu 2
- g) Kelompok 2 waktu 3
- h) Kelompok 2 waktu 4
- i) Kelompok 2 waktu 1
- j) Kelompok 2 waktu 2
- k) Kelompok 2 waktu 3
- l) Kelompok 2 waktu 4

## 2. Pengaruh antar subjek

Pengaruh antar subjek yang diuji adalah apakah perbedaan kelompok kartu mempengaruhi banyaknya hasil penjualan pulsa elektrik (X1) dan banyaknya hasil penjualan pulsa fisik (X2). Pada penelitian ini terdapat dua level faktor kelompok sehingga perbedaan kelompok yang diuji sebanyak tiga level sebagai berikut:

- a) Kelompok 1
- b) Kelompok 2
- c) Kelompok 3

## 3. Pengaruh inter subjek

Pengaruh inter subjek yang diuji adalah apakah perbedaan waktu pengukuran mempengaruhi banyaknya hasil penjualan pulsa elektrik (X1) dan banyaknya hasil penjualan pulsa fisik (X2). Pada penelitian ini terdapat empat level faktor waktu sehingga perbedaan waktu yang diuji sebanyak empat level sebagai berikut:

- a) Waktu 1
- b) Waktu 2
- c) Waktu 3
- d) Waktu 4

## LAMPIRAN 2

### Output Uji Normalitas Kolmogorof Smirnov Contoh Penerapan MANOVA *One Between and One Within*

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
x1	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%
x2	72	100.0%	0	.0%	72	100.0%

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
x1	.098	72	.084	.965	72	.045
x2	.094	72	.193	.973	72	.132

a. Lilliefors Significance Correction

### LAMPIRAN 3

#### Output Uji MANOVA Contoh Penerapan *Desain One Between and One Within*

Within-Subjects Factors

Measure	Waktu	Dependent Variable
x1	1	x1ke1
	2	x1ke2
	3	x1ke3
	4	x1ke4
x2	1	x2ke1
	2	x2ke2
	3	x3ke3
	4	x3ke4

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Kelompok	1	6
	2	6
	3	6



## LANJUTAN LAMPIRAN 3

Multivariate Tests<sup>c</sup>

Effect			Value	F	Hypothesis df	Error df	Sig.
Between Subjects	Intercept	Pillai's Trace	.997	2.316E3 <sup>a</sup>	2.000	14.000	.000
		Wilks' Lambda	.003	2.316E3 <sup>a</sup>	2.000	14.000	.000
		Hotelling's Trace	330.839	2.316E3 <sup>a</sup>	2.000	14.000	.000
		Roy's Largest Root	330.839	2.316E3 <sup>a</sup>	2.000	14.000	.000
	kelompok	Pillai's Trace	.390	1.817	4.000	30.000	.152
		Wilks' Lambda	.636	1.778 <sup>a</sup>	4.000	28.000	.161
		Hotelling's Trace	.532	1.728	4.000	26.000	.174
		Roy's Largest Root	.439	3.290 <sup>b</sup>	2.000	15.000	.065
Within Subjects	Waktu	Pillai's Trace	.795	6.481 <sup>a</sup>	6.000	10.000	.005
		Wilks' Lambda	.205	6.481 <sup>a</sup>	6.000	10.000	.005
		Hotelling's Trace	3.888	6.481 <sup>a</sup>	6.000	10.000	.005
		Roy's Largest Root	3.888	6.481 <sup>a</sup>	6.000	10.000	.005
	waktu * kelompok	Pillai's Trace	.952	1.666	12.000	22.000	.144
		Wilks' Lambda	.243	1.715 <sup>a</sup>	12.000	20.000	.138
		Hotelling's Trace	2.315	1.736	12.000	18.000	.141
		Roy's Largest Root	1.889	3.464 <sup>b</sup>	6.000	11.000	.036

a. Exact statistic

b. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

c. Design: Intercept  
+ kelompok  
Within Subjects  
Design: waktu

### LANJUTAN LAMPIRAN 3

Mauchly's Test of Sphericity<sup>b</sup>

Within Subject s Effect	Measur e	Mauchly' s W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon <sup>a</sup>		
						Greenhouse -Geisser	Huynh- Feldt	Lower- bound
Waktu	x1	.535	8.584	5	.128	.771	1.000	.333
	x2	.552	8.144	5	.149	.780	1.000	.333

Tests the null hypothesis that the error covariance matrix of the orthonormalized transformed dependent variables is proportional to an identity matrix.

a. May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

b. Design: Intercept + kelompok  
Within Subjects Design: waktu

## LANJUTAN LAMPIRAN 3

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	x1	70.487 <sup>a</sup>	11	6.408	3.686	.000
	x2	374.486 <sup>b</sup>	11	34.044	2.145	.030
Intercept	x1	7134.151	1	7134.151	4.104E3	.000
	x2	74562.347	1	74562.347	4.698E3	.000
Kelompok	x1	8.463	2	4.232	2.434	.096
	x2	67.861	2	33.931	2.138	.127
Waktu	x1	45.218	3	15.073	8.670	.000
	x2	147.486	3	49.162	3.098	.033
kelompok * waktu	x1	16.806	6	2.801	1.611	.160
	x2	159.139	6	26.523	1.671	.144
Error	x1	104.312	60	1.739		
	x2	952.167	60	15.869		
Total	x1	7308.950	72			
	x2	75889.000	72			
Corrected Total	x1	174.799	71			
	x2	1326.653	71			

a. R Squared = ,403 (Adjusted R Squared = ,294)

b. R Squared = ,282 (Adjusted R Squared = ,151)

Between-Subjects SSCP Matrix

			x1	x2
Hypothesis	Intercept	x1	7.134E3	2.306E4
		x2	2.306E4	7.456E4
	Kelompok	x1	8.463	17.142
		x2	17.142	67.861
	Waktu	x1	45.218	80.590
		x2	80.590	147.486
	kelompok * waktu	x1	16.806	33.447
		x2	33.447	159.139
Error		x1	104.312	160.117
		x2	160.117	952.167

Based on Type III Sum of Squares

## LAMPIRAN 4

**Output *Post Hoc* dengan Metode Bonferroni pada Pengaruh Waktu Pengamatan**

**Multiple Comparisons**

**Bonferroni**

Dependent Variable	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
x1	ke1	ke2	2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	.9952	3.3937
		ke3	1.1222	.43951	.079	-.0770	2.3215
		ke4	.7333	.43951	.603	-.4659	1.9326
	ke2	ke1	-2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	-3.3937	-.9952
		ke3	-1.0722	.43951	.106	-2.2715	.1270
		ke4	-1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.009	-2.6603	-.2619
	ke3	ke1	-1.1222	.43951	.079	-2.3215	.0770
		ke2	1.0722	.43951	.106	-.1270	2.2715
		ke4	-.3889	.43951	1.000	-1.5881	.8103
	ke4	ke1	-.7333	.43951	.603	-1.9326	.4659
		ke2	1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.009	.2619	2.6603
		ke3	.3889	.43951	1.000	-.8103	1.5881
x2	ke1	ke2	3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.026	.3212	7.5676
		ke3	2.5556	1.32788	.354	-1.0676	6.1788
		ke4	1.6667	1.32788	1.000	-1.9565	5.2899
	ke2	ke1	-3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.026	-7.5676	-.3212
		ke3	-1.3889	1.32788	1.000	-5.0121	2.2343
		ke4	-2.2778	1.32788	.549	-5.9010	1.3454
	ke3	ke1	-2.5556	1.32788	.354	-6.1788	1.0676
		ke2	1.3889	1.32788	1.000	-2.2343	5.0121
		ke4	-.8889	1.32788	1.000	-4.5121	2.7343
	ke4	ke1	-1.6667	1.32788	1.000	-5.2899	1.9565
		ke2	2.2778	1.32788	.549	-1.3454	5.9010
		ke3	.8889	1.32788	1.000	-2.7343	4.5121

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 15,869.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

# LANJUTAN LAMPIRAN 4

## Output *Post Hoc* dengan Metode Tukey *HSD* pada Pengaruh Waktu Pengamatan

### Multiple Comparisons

#### Tukey HSD

Dependent Variable	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
x1	ke1	ke2	2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	1.0330	3.3559
		ke3	1.1222	.43951	.062	-.0392	2.2836
		ke4	.7333	.43951	.349	-.4281	1.8947
	ke2	ke1	-2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	-3.3559	-1.0330
		ke3	-1.0722	.43951	.081	-2.2336	.0892
		ke4	-1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.008	-2.6225	-.2997
	ke3	ke1	-1.1222	.43951	.062	-2.2836	.0392
		ke2	1.0722	.43951	.081	-.0892	2.2336
		ke4	-.3889	.43951	.813	-1.5503	.7725
	ke4	ke1	-.7333	.43951	.349	-1.8947	.4281
		ke2	1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.008	.2997	2.6225
		ke3	.3889	.43951	.813	-.7725	1.5503
x2	ke1	ke2	3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.022	.4355	7.4534
		ke3	2.5556	1.32788	.229	-.9534	6.0645
		ke4	1.6667	1.32788	.595	-1.8423	5.1756
	ke2	ke1	-3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.022	-7.4534	-.4355
		ke3	-1.3889	1.32788	.723	-4.8978	2.1201
		ke4	-2.2778	1.32788	.325	-5.7867	1.2312
	ke3	ke1	-2.5556	1.32788	.229	-6.0645	.9534
		ke2	1.3889	1.32788	.723	-2.1201	4.8978
		ke4	-.8889	1.32788	.908	-4.3978	2.6201
	ke4	ke1	-1.6667	1.32788	.595	-5.1756	1.8423
		ke2	2.2778	1.32788	.325	-1.2312	5.7867
		ke3	.8889	1.32788	.908	-2.6201	4.3978

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 15,869.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

## LANJUTAN LAMPIRAN 4

### Output *Post Hoc* dengan Metode Fisher's *LSD* pada Pengaruh Waktu Pengamatan

#### Multiple Comparisons

#### LSD

Dependent Variable	(I) waktu	(J) waktu	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
x1	ke1	ke2	2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	1.3153	3.0736
		ke3	1.1222 <sup>*</sup>	.43951	.013	.2431	2.0014
		ke4	.7333	.43951	.100	-.1458	1.6125
	ke2	ke1	-2.1944 <sup>*</sup>	.43951	.000	-3.0736	-1.3153
		ke3	-1.0722 <sup>*</sup>	.43951	.018	-1.9514	-.1931
		ke4	-1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.002	-2.3403	-.5820
	ke3	ke1	-1.1222 <sup>*</sup>	.43951	.013	-2.0014	-.2431
		ke2	1.0722 <sup>*</sup>	.43951	.018	.1931	1.9514
		ke4	-.3889	.43951	.380	-1.2680	.4903
	ke4	ke1	-.7333	.43951	.100	-1.6125	.1458
		ke2	1.4611 <sup>*</sup>	.43951	.002	.5820	2.3403
		ke3	.3889	.43951	.380	-.4903	1.2680
x2	ke1	ke2	3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.004	1.2883	6.6006
		ke3	2.5556 <sup>*</sup>	1.32788	.059	-.1006	5.2117
		ke4	1.6667 <sup>*</sup>	1.32788	.214	-.9895	4.3228
	ke2	ke1	-3.9444 <sup>*</sup>	1.32788	.004	-6.6006	-1.2883
		ke3	-1.3889	1.32788	.300	-4.0450	1.2673
		ke4	-2.2778	1.32788	.091	-4.9339	.3784
	ke3	ke1	-2.5556 <sup>*</sup>	1.32788	.059	-5.2117	.1006
		ke2	1.3889	1.32788	.300	-1.2673	4.0450
		ke4	-.8889	1.32788	.506	-3.5450	1.7673
	ke4	ke1	-1.6667	1.32788	.214	-4.3228	.9895
		ke2	2.2778	1.32788	.091	-.3784	4.9339
		ke3	.8889	1.32788	.506	-1.7673	3.5450

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 15,869.

\*. The mean difference is significant at the ,05 level.

## LAMPIRAN 5

Tabel Nilai Kritis D dalam Uji Kolmogorov Smirnov

N	Maksimum $ F_0(X)-S_N(X) $				
	0,2	0,15	0,1	0,05	0,01
1	0,9	0,925	0,95	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,542	0,708	0,828
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,733
5	0,446	0,474	0,51	0,565	0,669
6	0,41	0,436	0,47	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,36	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,41	0,49
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,45
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,25	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,21	0,22	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,2	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,19	0,21	0,23	0,27
>35	$1,07 / \sqrt{N}$	$1,44 / \sqrt{N}$	$1,22 / \sqrt{N}$	$1,36 / \sqrt{N}$	$1,63 / \sqrt{N}$

## LAMPIRAN 6

Tabel Nilai Kritik Sebaran  $\chi^2$ 

Df	a = 0.995	a = 0.990	a = 0.975	a = 0.950	a = 0.900
1	0.0000393	0.0001571	0.0009821	0.0039321	0.0157908
2	0.0100251	0.0201007	0.0506356	0.102587	0.210720
3	0.0717212	0.114832	0.215795	0.351846	0.584375
4	0.206990	0.297110	0.484419	0.710721	1.063623
5	0.411740	0.554300	0.831211	1.145476	1.61031
6	0.675727	0.872085	1.237347	1.63539	2.20413
7	0.989265	1.239043	1.68987	2.16735	2.83311
8	1.344419	1.646482	2.17973	2.73264	3.48954
9	1.734926	2.087912	2.70039	3.32511	4.16816
10	2.15585	2.55821	3.24697	3.94030	4.86518
11	2.60321	3.05347	3.81575	4.57481	5.57779
12	3.07382	3.57056	4.40379	5.22603	6.30380
13	3.56503	4.10691	5.00874	5.89186	7.04150
14	4.07468	4.66043	5.62872	6.57063	7.78953
15	4.60094	5.22935	6.26214	7.26094	8.54675
16	5.14224	5.81221	6.90766	7.96164	9.31223
17	5.69724	6.40776	7.56418	8.67176	10.0852
18	6.26481	7.01491	8.23075	9.39046	10.8649
19	6.84398	7.63273	8.90655	10.1170	11.6509
20	7.43386	8.26040	9.59083	10.8508	12.4426
21	8.03366	8.89720	10.28293	11.5913	13.2396
22	8.64272	9.54249	10.9823	12.3380	14.0415
23	9.26042	10.19567	11.6885	13.0905	14.8479
24	9.88623	10.8564	12.4011	13.8484	15.6587
25	10.5197	11.5240	13.1197	14.6114	16.4734
26	11.1603	12.1981	13.8439	15.3791	17.2919
27	11.8076	12.8786	14.5733	16.1513	18.1138
28	12.4613	13.5648	15.3079	16.9279	18.9392
29	13.1211	14.2565	16.0471	17.7083	19.7677
30	13.7867	14.9535	16.7908	18.4926	20.5992
40	20.7065	22.1643	24.4331	26.5093	29.0505
50	27.9907	29.7067	32.3574	34.7642	37.6886
60	35.5346	37.4848	40.4817	43.1879	46.4589
70	43.2752	45.4418	48.7576	51.7393	55.3290
80	51.1720	53.5400	57.1532	60.3915	64.2778
90	59.1963	61.7541	65.6466	69.1260	73.2912
100	67.3276	70.0648	74.2219	77.9295	82.3581



## LANJUTAN LAMPIRAN 6

Tabel Nilai Kritik Sebaran  $\chi^2$ 

Df	a = 0.10	a = 0.05	a = 0.025	a = 0.010	a = 0.005
1	2.705554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944
2	4.60517	5.99147	7.37776	9.21034	10.5966
3	6.25139	7.81473	9.34840	11.3449	12.8381
4	7.77944	9.48773	11.1433	13.2767	14.8602
5	9.23635	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496
6	10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5476
7	12.0170	14.0671	16.0128	18.4753	20.2777
8	13.3616	15.5073	17.5346	20.0902	21.9550
9	14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893
10	15.9871	18.3070	20.4381	23.2093	25.1882
11	17.2750	19.6751	21.9200	24.7250	26.7569
12	18.5494	21.0261	23.3367	26.2170	28.2995
13	19.8119	22.3621	24.7356	27.6883	29.8194
14	21.0642	23.6848	26.1190	29.1413	31.3193
15	22.3072	24.9958	27.4884	30.5779	32.8013
16	23.5418	26.2962	28.8454	31.9999	34.2672
17	24.7690	27.5871	30.1910	33.4087	35.7185
18	25.9894	28.8693	31.5264	34.8053	37.1564
19	27.2036	30.1435	32.8523	36.1908	38.5822
20	28.4120	31.4104	34.1696	37.5662	39.9968
21	29.6151	32.6705	35.4789	38.9321	41.4010
22	30.8133	33.9244	36.7808	40.2894	42.7956
23	32.0069	35.1725	38.0757	41.6384	44.1813
24	33.1963	36.4151	39.3641	42.9798	45.5585
25	34.3816	37.6525	40.6465	44.3141	46.9278
26	35.5631	38.8852	41.9232	45.6417	48.28899
27	36.7412	40.1133	43.1944	46.9630	49.6449
28	37.9159	41.3372	44.4607	48.2782	50.9933
29	39.0875	42.5569	45.7222	49.5879	52.3356
30	40.2560	43.7729	46.9792	50.8922	53.6720
40	51.8050	55.7585	59.3417	63.6907	66.7659
50	63.1671	67.5048	71.4202	76.1539	79.4900
60	74.3970	79.0819	83.2976	88.3794	91.9517
70	85.5271	90.5312	95.0231	100.425	104.215
80	96.5782	101.879	106.629	112.329	116.321
90	107.565	113.145	118.136	124.116	128.299
100	118.498	124.342	129.561	135.807	140.169

## LAMPIRAN 7

## Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 5%

$v_2$	$v_1$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	236,8	238,9	240,5
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12
60	4,00	3,15	2,76	2,53	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,09	2,02	1,96
$\infty$	3,84	3,00	2,60	2,37	2,21	2,10	2,01	1,94	1,88

## LANJUTAN LAMPIRAN 7

### Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 5%

$v_2$	$v_1$									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	241,9	243,9	245,9	248,0	249,1	250,1	251,1	252,2	253,3	254,3
2	19,40	19,41	19,43	19,45	19,45	19,46	19,47	19,48	19,49	19,50
3	8,79	8,74	8,70	8,66	8,64	8,62	5,89	8,57	8,55	8,53
4	5,96	5,91	5,86	5,80	5,77	5,75	5,72	5,69	5,66	5,63
5	4,74	4,68	4,62	4,56	4,53	4,50	4,46	4,43	4,40	4,36
6	4,06	4,00	3,94	3,87	3,84	3,81	3,77	3,74	3,70	3,67
7	3,64	3,57	3,51	3,44	3,41	3,38	3,34	3,30	3,27	3,23
8	3,35	3,28	3,22	3,15	3,12	3,08	3,04	3,01	2,97	2,93
9	3,14	3,07	3,01	2,94	2,90	2,86	2,83	2,79	2,75	2,71
10	2,98	2,91	2,85	2,77	2,74	2,70	2,66	2,62	2,58	2,54
11	2,85	2,79	2,72	2,65	2,61	2,57	2,53	2,49	2,45	2,40
12	2,75	2,69	2,62	2,54	2,51	2,47	2,43	2,38	2,34	2,30
13	2,67	2,60	2,53	2,46	2,42	2,38	2,34	2,30	2,25	2,21
14	2,60	2,53	2,46	2,39	2,35	2,31	2,27	2,22	2,18	2,13
15	2,54	2,48	2,40	2,33	2,29	2,25	2,20	2,16	2,11	2,07
16	2,49	2,42	2,35	2,28	2,24	2,19	2,15	2,11	2,06	2,01
17	2,45	2,38	2,31	2,23	2,19	2,15	2,10	2,06	2,01	1,96
18	2,41	2,34	2,27	2,19	2,15	2,11	2,06	2,02	1,97	1,92
19	2,38	2,31	2,23	2,16	2,11	2,07	2,03	1,98	1,93	1,88
20	2,35	2,28	2,20	2,12	2,08	2,04	1,99	1,95	1,90	1,84
21	2,32	2,25	2,18	2,10	2,05	2,01	1,96	1,92	1,87	1,81
22	2,30	2,23	2,15	2,07	2,03	1,98	1,94	1,89	1,84	1,78
23	2,27	2,20	2,13	2,05	2,01	1,96	1,91	1,86	1,81	1,76
24	2,25	2,18	2,11	2,03	1,98	1,94	1,89	1,8	1,79	1,73
25	2,24	2,16	2,09	2,01	1,96	1,92	1,87	1,82	1,77	1,71
26	2,22	2,15	2,07	1,99	1,95	1,90	1,85	1,80	1,75	1,69
27	2,20	2,13	2,06	1,97	1,93	1,88	1,84	1,79	1,73	1,67
28	2,19	2,12	2,04	1,96	1,91	1,87	1,82	1,77	1,71	1,65
29	2,18	2,10	2,03	1,94	1,90	1,85	1,81	1,75	1,70	1,64
30	2,16	2,09	2,01	1,93	1,89	1,84	1,79	1,74	1,68	1,62
40	2,08	2,00	1,92	1,84	1,79	1,74	1,69	1,64	1,58	1,51
60	1,99	1,92	1,84	1,75	1,70	1,65	1,59	1,53	1,47	1,39
120	1,91	1,83	1,75	1,66	1,61	1,55	1,50	1,43	1,35	1,25
$\infty$	1,83	1,75	1,67	1,57	1,52	1,46	1,39	1,32	1,22	1,00

## LAMPIRAN 8

## Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 1%

$v_2$	$v_1$								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052	4999,5	5403	5625	5764	5859	5928	5981	6022
2	98,50	99,00	99,17	99,25	99,30	99,33	99,36	99,37	99,39
3	34,12	30,82	29,46	28,71	28,24	27,91	27,67	27,49	27,35
4	21,20	18,00	16,69	15,98	15,52	15,21	14,98	14,80	14,66
5	16,26	13,27	12,06	11,39	10,97	10,67	10,46	10,29	10,16
6	13,75	10,92	9,78	9,15	8,75	8,47	8,26	8,10	7,98
7	12,25	9,55	8,45	7,85	7,46	7,19	6,99	6,84	6,72
8	11,26	8,65	7,59	7,01	6,63	6,37	6,18	6,03	5,91
9	10,56	8,02	6,99	6,42	6,06	5,80	5,61	5,47	5,35
10	10,04	7,56	6,55	5,99	5,64	5,39	5,20	5,06	4,94
11	9,65	7,21	6,22	5,67	5,32	5,07	4,89	4,74	4,63
12	9,33	6,93	5,95	5,41	5,06	4,82	4,64	4,50	4,39
13	9,07	6,70	5,74	5,21	4,86	4,62	4,44	4,30	4,19
14	8,86	6,51	5,56	5,04	4,69	4,46	4,28	4,14	4,03
15	8,68	6,36	5,42	4,89	4,56	4,32	4,14	4,00	3,89
16	8,53	6,23	5,29	4,77	4,44	4,20	4,03	3,89	3,78
17	8,40	6,11	5,18	4,67	4,34	4,10	3,93	3,79	3,68
18	8,29	6,01	5,09	4,58	4,25	4,01	3,84	3,71	3,60
19	8,18	5,93	5,01	4,50	4,17	3,94	3,77	3,63	3,52
20	8,10	5,85	4,94	4,43	4,10	3,87	3,7	3,56	3,46
21	8,02	5,78	4,87	4,37	4,04	3,81	3,64	3,51	3,40
22	7,95	5,72	4,82	4,31	3,99	3,76	3,59	3,45	3,35
23	7,88	5,66	4,76	4,26	3,94	3,71	3,54	3,41	3,30
24	7,82	5,61	4,72	4,22	3,90	3,67	3,50	3,36	3,26
25	7,77	5,57	4,68	4,18	3,85	3,63	3,46	3,32	3,22
26	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,18
27	7,68	5,49	4,60	4,11	3,78	3,56	3,39	3,26	3,15
28	7,64	5,45	4,57	4,07	3,75	3,53	3,36	3,23	3,12
29	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,09
30	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,07
40	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,89
60	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72
120	6,85	4,79	3,95	3,48	3,17	2,96	2,79	2,66	2,56
$\infty$	6,63	4,61	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41

## LANJUTAN LAMPIRAN 8

### Daftar Nilai Kritik Sebaran F Pada Taraf Kritis 1%

$v_2$	$v_1$									
	10	12	15	20	24	30	40	60	120	$\infty$
1	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366
2	99,40	99,42	99,43	99,45	99,46	99,47	99,47	99,48	99,49	99,50
3	27,23	27,05	26,87	26,69	26,60	26,50	26,41	26,32	26,72	26,13
4	14,55	14,37	14,20	14,02	13,93	13,84	13,75	13,65	13,56	13,46
5	10,05	9,89	9,72	9,55	9,47	9,38	9,29	9,20	9,11	9,02
6	7,87	7,72	7,56	7,40	7,31	7,23	7,14	7,06	6,97	6,88
7	6,62	6,47	6,31	6,16	6,07	5,99	5,91	5,82	5,74	5,65
8	5,81	5,67	5,52	5,36	5,28	5,20	5,12	5,03	4,95	4,86
9	5,26	5,11	4,96	4,81	4,73	4,65	4,57	4,48	4,40	4,31
10	4,85	4,71	4,56	4,41	4,33	4,25	4,17	4,08	4,00	3,91
11	4,54	4,40	4,25	4,10	4,02	3,94	3,86	3,78	3,69	3,60
12	4,30	4,16	4,01	3,86	3,78	3,70	3,62	3,54	3,45	3,36
13	4,10	3,96	3,82	3,66	3,59	3,51	3,43	3,34	3,25	3,17
14	3,94	3,80	3,66	3,51	3,43	3,35	3,27	3,18	3,09	3,00
15	3,80	3,67	3,52	3,37	3,29	3,21	3,13	3,05	2,96	2,87
16	3,69	3,55	3,41	3,26	3,18	3,10	3,02	2,93	2,84	2,75
17	3,59	3,46	3,31	3,16	3,08	3,00	2,92	2,83	2,75	2,65
18	3,51	3,37	3,23	3,08	3,00	2,92	2,84	2,75	2,66	2,57
19	3,43	3,30	3,15	3,00	2,92	2,84	2,76	2,67	2,58	2,49
20	3,37	3,23	3,09	2,94	2,86	2,78	2,69	2,61	2,52	2,42
21	3,31	3,17	3,03	2,88	2,80	2,72	2,64	2,55	2,46	2,36
22	3,26	3,12	2,98	2,83	2,75	2,67	2,58	2,50	2,40	2,31
23	3,21	3,07	2,93	2,78	2,70	2,62	2,54	2,45	2,35	2,26
24	3,17	3,03	2,89	2,74	2,66	2,58	2,49	2,40	2,31	2,21
25	3,13	2,99	2,85	2,70	2,62	2,54	2,45	2,36	2,27	2,17
26	3,09	2,96	2,81	2,66	2,58	2,50	2,42	2,33	2,23	2,13
27	3,06	2,93	2,78	2,63	2,55	2,47	2,38	2,29	2,20	2,10
28	3,03	2,90	2,75	2,60	2,52	2,44	2,35	2,26	2,17	2,06
29	3,00	2,87	2,73	2,57	2,49	2,41	2,33	2,23	2,14	2,03
30	2,98	2,84	2,70	2,55	2,47	2,39	2,30	2,21	2,11	2,01
40	2,80	2,66	2,52	2,37	2,29	2,20	2,11	2,02	1,92	1,80
60	2,63	2,50	2,35	2,20	2,12	2,03	1,94	1,84	1,73	1,60
120	2,47	2,34	2,19	2,03	1,95	1,86	1,76	1,66	1,53	1,38
$\infty$	2,32	2,18	2,04	1,88	1,79	1,70	1,59	1,47	1,32	1,00

## LAMPIRAN 9

Tabel Nilai Kritik Terstudentkan Nyata Terkecil

 $\alpha=0,05$ 

Df	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	17,97	26,98	32,82	37,08	40,41	43,12	45,40	47,36	49,07
2	6,085	8,331	9,798	10,88	11,74	12,44	13,03	13,54	13,99
3	4,501	5,910	6,825	7,502	8,037	8,478	8,853	9,177	9,462
4	3,927	5,040	5,757	6,287	6,707	7,053	7,347	7,602	7,826
5	3,635	4,602	5,218	5,673	6,033	6,330	6,582	6,802	6,995
6	3,461	4,339	4,896	5,305	5,628	5,895	6,122	6,319	6,493
7	3,344	4,165	4,681	5,060	5,359	5,606	5,815	5,998	6,158
8	3,261	4,041	4,529	4,886	5,167	5,399	5,597	5,767	5,918
9	3,199	3,949	4,415	4,756	5,024	5,244	5,432	5,599	5,739
10	3,151	3,877	4,327	4,654	4,912	5,124	5,305	5,461	5,599
11	3,113	3,820	4,256	4,754	4,823	5,028	5,202	5,353	5,487
12	3,082	3,773	4,199	4,508	4,751	4,950	5,119	5,265	5,395
13	3,055	3,735	4,151	4,453	4,690	4,885	5,049	5,192	5,318
14	3,033	3,702	4,111	4,407	4,639	4,829	4,990	5,131	5,254
15	3,014	3,674	4,076	4,367	4,595	4,782	4,940	5,077	5,198
16	2,998	3,649	4,046	4,333	4,557	4,741	4,897	5,031	5,150
17	2,984	3,628	4,020	4,303	4,524	4,705	4,858	4,991	5,108
18	2,971	3,609	3,997	4,277	4,495	4,673	4,824	4,956	5,071
19	2,960	3,593	3,997	4,253	4,469	4,645	4,794	4,924	5,038
20	2,950	3,578	3,958	4,232	4,445	4,620	4,768	4,896	5,008
24	2,919	3,532	3,901	4,166	4,373	4,451	4,684	4,807	4,915
30	2,888	3,486	3,845	4,102	4,302	4,464	4,602	4,720	4,824
40	2,858	3,442	3,791	4,039	4,232	4,389	4,521	4,635	4,735
60	2,829	3,399	3,737	3,977	4,163	4,314	4,441	4,550	4,646
120	2,800	3,356	3,685	3,917	4,096	4,241	4,363	4,468	4,560
$\infty$	2,772	3,314	3,633	3,858	4,030	4,170	4,286	4,387	4,474

**LAMPIRAN 10****Tabel Nilai Kritik Sebaran t**

Df	a = 0.10	a = 0.05	a = 0.025	a = 0.010	a = 0.005
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.333	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
inf.	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576